

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**

**ESCOLA DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS E CONSTRUÇÃO**

**CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL**

Ferramentas de gestão de projetos para construção civil e  
tecnologia BIM

Autor: Rodrigo Augusto Gonçalves

Orientador: Prof. Eduardo Marques Arantes

Belo Horizonte

2016

Rodrigo Augusto Gonçalves

## Ferramentas de gestão de projetos para construção civil e tecnologia BIM

Monografia apresentada como exigência parcial para a obtenção de título do curso de especialização em construção civil.

Belo Horizonte

2016

## **RESUMO**

Independente do momento em que se vive a utilização de ferramentas técnicas de gerenciamento, planejamento e controle serão fundamentais para obtenção do sucesso nos empreendimentos de uma obra de construção civil. A indústria da construção civil, bem como quase todos os setores da economia, passam por sérios problemas instaurados devido à crise econômica mundial. A fim de aperfeiçoar os processos, evitar retrabalho, poupar tempo e conseqüentemente reduzir os custos, o presente trabalho tem como proposta apresentar a importância do planejamento e utilização de novas tecnologias como o BIM. A utilização destas técnicas alinhadas a novos conceitos, formam um pressuposto decisivo para investir na construção de novos empreendimentos.

### **Palavras-chaves:**

Planejamento e Controle de Obras, Gestão de Projetos, BIM.

## **ABSTRACT**

Independent of the time that we live, the use of management techniques tools, planning and control are critical to achieve success in the projects of construction work. The construction industry, as well as almost all sectors of the economy, passes through serious problems brought by the global economic crisis. In order to improve processes, avoid rework, save time and thus reduce costs, this work aims to present the importance of planning and use of new technologies such as BIM. The use of these techniques aligned to new concepts, are a decisive precondition for investment in construction of new projects. This work also addresses a series of characteristics about project

### **Keywords:**

Construction Planning and Control, Management Project, BIM.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
1.1 Justificativa.....	10
1.2 Objetivo Geral.....	10
1.2.1 Objetivos Específicos.....	11
1.3 Metodologia.....	11
2 DESENVOLVIMENTO .....	12
2.1 Características de Projetos .....	12
2.2 O Gerenciamento de Projetos .....	14
2.3 Os Grupos de Processos do Gerenciamento de Projetos.....	14
2.4 Organização e Planejamento dos Serviços .....	16
2.4.1 Estrutura Organizacional e Dimensionamento das Equipes.....	16
2.4.2 Planejamento do Projeto .....	16
2.5 Análise, Acompanhamento e Revisão do Projeto .....	18
2.6 Procedimentos de gerenciamento do PMBOK.....	20
2.7 Projetos de Obras Civis .....	22
2.7.1 Características da Construção Civil Brasileira .....	22
2.7.2 A Importância do Planejamento e Controle em Projetos de Obras Civis .....	23
2.7.3 As Responsabilidades do Setor de Planejamento Técnico em uma Construtora .....	24
2.8 Ferramentas de Planejamento, Monitoramento e Controle .....	27
2.8.1 A Estrutura Analítica do Projeto (EAP).....	27
2.8.2 Cronogramas em Rede.....	29
2.8.3 Cronogramas em Barras.....	31
2.8.4 Cronograma Tempo-Caminho (ou Método da Linha de Balanço).....	33
2.8.5 Histogramas e Curva S.....	35

2.8.6 Diagrama de Causa e Efeito .....	37
2.8.7 O ciclo PDCA .....	38
2.8.8 Diagrama de Pareto.....	39
2.8.9 Matriz de Responsabilidades .....	40
2.9 A tecnologia BIM .....	41
2.9.1 Ambiente colaborativo na construção civil.....	41
2.9.2 Definição de BIM na construção civil .....	42
2.9.3 Estágios de evolução do BIM .....	43
2.9.4 Principais usos e benefícios do BIM no universo da construção civil .....	45
2.9.5 Integração da gestão de projetos e BIM .....	47
3 CONCLUSÃO.....	49
4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Atividades para construção de uma casa.....	11
Tabela 02 – Exemplo de Matriz de responsabilidades.....	42
Tabela 03 – Uso do BIM.....	49

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Sobreposição das Fases em um Projeto.....	14
Figura 2 - Os Grupos de Processos .....	15
Figura 3 – Atividades Básicas de um Projeto.....	18
Figura 4 - Fases do processo de gerenciamento .....	18
Figura 5 - Fases genéricas de um projeto .....	19
Figura 6 - Ciclo de retroalimentação do projeto .....	20
Figura 7 – Mapeamento de grupos de processos de gerenciamento de projetos e áreas de conhecimento.....	21
Figura 8 - O Inter-Relacionamento do Planejamento .....	25
Figura 9 - Exemplo de EAP analítica .....	28
Figura 10 - Rede PERT/CPM para uma casa .....	30
Figura 11 - Modelo de cronograma utilizando <i>MS Project 2007</i> .....	53
Figura 12 - Modelo de cronograma utilizando <i>Microsoft Excel</i> .....	32
Figura 13 - Demonstração de parte do modelo de Tempo-Caminho .....	33
Figura 14 - Traçado de um Histograma .....	37
Figura 15 - As cinco opções da curva S.....	37
Figura 16 – Diagrama de causa e efeito .....	39
Figura 17 – O ciclo PDCA.....	40
Figura 18: Exemplo de diagrama de pareto .....	41
Figura 19: Fluxo de informações modelo BIM.....	44
Figura 20: Estágios da evolução do BIM.....	45
Figura 21: BIM e o ciclo de vida do edifício .....	48

## 1 INTRODUÇÃO

O mercado econômico apresenta constante transformação e, considerando o atual cenário, a construção civil vem passando por momentos de instabilidade assim como outros setores. De acordo com um estudo realizado pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) em parceria com a Fundação Getúlio Vargas e publicado em 18/01/2016, nota-se elementos para avaliar o que ocorreu com a produtividade setorial nos anos recentes. A diminuição de postos de trabalho, financiamentos imobiliários mais dificultosos à população, entre outros, demonstram a necessidade de investir em outros modelos para planejar e executar uma obra seguindo essa nova fase e as novas exigências do mercado que, considerando um cenário econômico crítico, necessita da adoção de alternativas para a redução de custos mantendo um padrão de qualidade ideal.

Quando se planeja uma obra o planejador deve dominar de maneira segura e global todo o empreendimento, incluindo um alto grau de conhecimento do projeto para maior eficiência dos trabalhos. Além de dominar a técnica, devem-se levar em consideração os recursos financeiros disponíveis para que o planejado tenha condições de ser executado.

Para Curto (2016), devido à grande competitividade no mercado imobiliário, as construtoras estão sendo obrigadas a se tornarem cada vez mais eficientes e competitivas quanto ao gerenciamento dos empreendimentos. Dentro desta competição por mercado, para garantir uma maior confiabilidade nos resultados, as empresas buscam aplicar ferramentas tradicionais e novas tecnologias que visam contribuir para um processo mais confiável. Ainda de acordo com Curto (2016), esse cenário de crise faz com que se configure um momento propício para organizar e rever processos e para se concentrar ainda mais em um eficiente trabalho na condução de projetos.

Uma destas tecnologias refere-se à utilização do BIM que se mostra capaz de melhorar toda qualidade do projeto. Segundo Manzione (2013), um projeto bem desenvolvido inegavelmente reduz dúvidas, erros e retrabalhos durante a execução, pois são definidos nessa fase o produto, as técnicas e os materiais que serão empregados na

obra. Com a utilização da modelagem alinhada ao planejamento 4D, prever uma situação em ambiente simulado virtualmente, torna-se uma maneira mais eficaz de verificar problemas e dar uma solução antes de sua execução.

### **1.1 Justificativa**

Com as diversas transformações ocorridas no país nos últimos anos, é fundamental que as técnicas de gestão hoje utilizadas, assim como os estudos em torno dessa matéria também evoluam. Devido à grande competitividade no mercado imobiliário, as construtoras são obrigadas a se tornarem cada vez mais eficientes e competitivas quanto ao gerenciamento dos empreendimentos.

De acordo com Goldman (2014), dentro desta competição por mercados, para garantir uma maior confiabilidade nos resultados, as empresas estão buscando ferramentas que visam contribuir para um processo mais confiável. Uma destas ferramentas refere-se ao acompanhamento gradativo das obras e pode ser analisado através dos recursos aplicados no projeto, bem como o seu planejamento. Ainda segundo Goldman (2014), o papel do planejamento técnico em uma empresa de construção civil é ser responsável por: estudo de viabilidade técnico-econômica, planejamento, controle e obtenção dos resultados do empreendimento.

Com um orçamento muito bem estruturado, o planejamento auxiliará na tomada de decisões da obra tanto na parte física como na parte econômica da construção.

O assunto tratado é de fundamental importância não só para os gerenciadores e empreendedores, mas também para toda equipe envolvida ao longo da execução do projeto.

### **1.2 Objetivo Geral**

Apresentar técnicas de gerenciamento de projetos, aplicadas ao planejamento e controle de uma obra.

### **1.2.1 Objetivos Específicos**

São os objetivos específicos do trabalho:

- a) Apresentar ferramentas técnicas de planejamento de projetos de obras civis;
- b) Apresentar o conceito da tecnologia BIM;
- c) Analisar a maneira como o emprego de ferramentas e tecnologias podem auxiliar processos voltados à construção civil.

### **1.3 Metodologia**

A metodologia consiste em uma revisão bibliográfica acerca do assunto de modo que se possa ter uma visão global das informações disponíveis. Diversas bibliografias de autores distintos foram consultadas a fim de expor as ideias de cada um e subsidiar uma conclusão com embasamento teórico dos assuntos que serão tratados ao longo do trabalho. Para isso, foram utilizados livros, artigos acadêmicos, conteúdos da internet, monografias, dissertações e teses. Outro ponto importante para elaboração do trabalho foi a experiência adquirida em anos de atuação no mercado de trabalho por meio da qual foi possível o compartilhamento de experiências, aplicação de conceitos considerando casos concretos vivenciados e uma avaliação real da aplicação e os impactos da não aplicação dos conceitos desenvolvidos referentes à área de planejamento e controle de obras.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Características de Projetos

Um projeto, segundo definição do PMBOK (5ª ed, 2013, p.5), é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo. Sendo assim, um projeto nunca será igual a outro. Casos de similaridade certamente irão ocorrer. Porém, características como tempo, localização, custos, nível de qualidade dentre outras características irão diferir um projeto de outro.

Para Vargas (2016), projeto é um empreendimento não repetitivo, caracterizado por uma sequência clara e lógica de eventos com início, meio e fim, que se destina a atingir um objetivo claro e definido, sendo conduzido por pessoas dentro de parâmetros predefinidos de tempo, custo, recursos envolvidos e qualidade.

De um modo geral, os projetos possuem algumas características que são compartilhadas. Prado (2004, p.17) define cinco características comuns aos projetos. Vejamos:

a) Ciclo de vida: Todo projeto pode ser decomposto em um conjunto de etapas. Estas etapas poderão ser simultâneas ou subsequentes. Ao final de cada etapa um produto é obtido. O mesmo autor caracteriza o produto final de uma etapa como *deliverable*. O número de etapas do projeto, a nomenclatura, suas durações, o grau de inter-relacionamento entre as atividades envolvidas e outros fatores variam de projeto para projeto. De um modo geral, no ciclo de vida de um projeto, passamos pelas fases de concepção, desenvolvimento, execução e conclusão. À medida que o projeto avança entre suas fases, altera-se o perfil (mão de obra, equipamento, recursos financeiros e etc.). A figura 1 representa o ciclo de vida de um projeto e destaca suas fases.

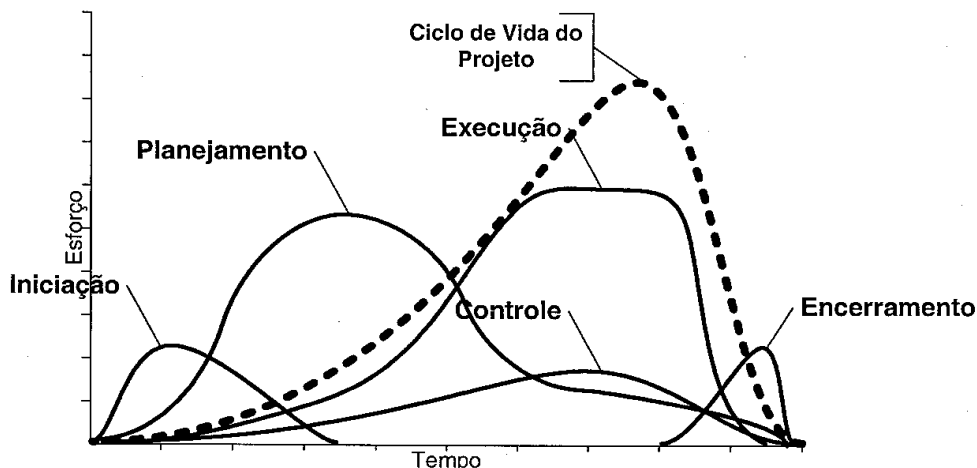


Figura 1- Sobreposição das Fases em um Projeto  
 Fonte: Oliveira, 2005 p. 21

- b) Incerteza: Em qualquer tipo de projeto existe nível de incerteza. Em certo tipo de trabalho, caso a equipe nunca tenha se envolvido com experiência semelhante, o grau de incerteza é alto. Por outro lado, quando o projeto possui etapas semelhantes a outros já conhecidos pela equipe, o grau de incerteza é mais baixo. Mesmo com baixo grau de incerteza, situações não previstas poderão ocorrer ao longo do desenvolvimento do projeto.
- c) Possibilidade de mudanças durante o ciclo de vida do projeto: Fatores como mudança do escopo ou até mesmo as incertezas poderão modificar a direção de um projeto. O excesso destas mudanças poderá impactar diretamente no prazo e nos custos ou até mesmo levar o projeto ao fracasso.
- d) Aumento do conhecimento com o tempo: Quanto maior o envolvimento da equipe no projeto, maior será seu conhecimento quanto ao produto ou serviço final.
- e) Interfuncionalidade: Em sua grande maioria, os projetos envolvem diversas áreas da empresa. Para que os projetos interfuncionais sejam executados com sucesso, em alguns casos, a empresa necessitará passar por algumas modificações ou adaptações na sua estrutura organizacional.

## 2.2 O Gerenciamento de Projetos

O gerenciamento de projetos consiste na utilização de habilidades, ferramentas e técnicas aliadas à experiência com o intuito de atingir um objetivo específico. Este objetivo específico será o projeto.

Segundo Mendes, Valle e Fabra (2008 p.35), a pessoa responsável pelo gerenciamento de um projeto é denominada gerente de projeto e suas atribuições são: identificação das necessidades do projeto; estabelecimento de objetivos claros e palpáveis; atendimento às expectativas de todas as partes interessadas; e pelo devido balanceamento entre qualidade, escopo, tempo e custo, o que é realizado obedecendo à chamada Teoria da Tripla Restrição.

Para Prado (2014), a Teoria da Tripla Restrição faz um balanceamento de três fatores conflitantes. Os dois primeiros referem-se ao tempo e ao custo. Já o terceiro pode se referir ao escopo do projeto ou à qualidade do mesmo, variando conforme a política adotada. Com esta Teoria da Tripla Restrição, o fator restante será consequência do balanceamento dos três fatores supracitados. Quando a política adotada definir tempo, custo e qualidade, a consequência automaticamente será o escopo do projeto. Em sua grande maioria, os projetos possuem relação entre os fatores. Ocorrendo alteração em um dos três, provavelmente um dos outros (ou os três) será(ão) alterado(s).

## 2.3 Os Grupos de Processos do Gerenciamento de Projetos

Um projeto deverá integrar todos os seus processos a fim de alcançar seu objetivo final. O PMBOK (5ª ed. 2013) define cinco grupos de processos de gerenciamento de projetos. A saber:

**a) Iniciação:** Nesta etapa, deverá ser formalizada a essência do projeto, seus objetivos e o escopo inicial. Deverá ser definido o gerente do projeto.

- b) Planejamento:** Na etapa de planejamento, serão determinadas atividades como: O que fazer? Quando fazer? Quem faz? Por quê? Como será feito? Quanto custará? Todas as definições tratadas nesta fase deverão ser registradas em uma linha de base na qual os resultados alcançados serão conferidos.
- c) Execução:** Definir as entregas do projeto integrando todos os envolvidos no processo (pessoas, organizações e recursos).
- d) Monitoramento e controle:** realizar a conferência se o projeto segue a linha de base definida no grupo de planejamento. Caso seja constatado desvios significativos que afetarão a natureza do projeto (custos, prazo, qualidade, mudança de escopo), ações corretivas deverão ser tomadas.
- e) Encerramento:** É o processo de aceitação final do projeto. Será feito o encerramento oficial de contratos e desmobilização das equipes envolvidas.

A figura 2 mostra como é a relação dos grupos de processos dentro das fases de um projeto.

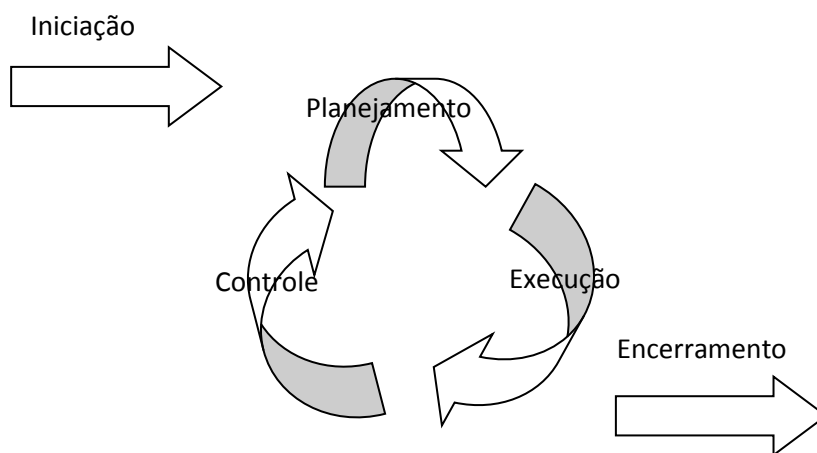


Figura 2 - Os Grupos de Processos  
Fonte: Valle (2010, p. 75)

Os grupos de processos de gerenciamento de projetos não são fases. Podem ser definidos, segundo Valle (2010, p. 75), como agrupamentos de processos de gerenciamento de projetos, podendo todos eles se repetir dentro de cada uma das fases do projeto.

## **2.4 Organização e Planejamento dos Serviços**

### **2.4.1 Estrutura Organizacional e Dimensionamento das Equipes**

A estrutura organizacional do projeto não possui o mesmo significado de um organograma funcional. Nesta estrutura, não será representado quem é o “chefe”. A estrutura organizacional servirá para identificar os principais envolvidos nas atividades que compõem o projeto (Valle, 2010).

Segundo Carvalho e Patah (2012), alguns requisitos devem ser considerados para a definição da estrutura organizacional. Tais como: a divisão do trabalho, o agrupamento de tarefas comuns, o grau de centralização, a cadeia de autoridade e o grau de formalização. A divisão do trabalho deverá levar em consideração a especialização do trabalho. Os cargos serão divididos de acordo com esta especialização.

Valle (2010) apresenta o agrupamento de tarefas comuns e leva em consideração a homogeneidade das funções a serem executados, os produtos e os processos. O grau de centralização representa o quanto a autoridade se concentra em níveis mais altos da organização. A cadeia de autoridade é uma rede de relacionamento que funciona de cima para baixo. As unidades de cada nível reportam ao nível imediatamente superior. Porém, cada unidade possui uma determinada autonomia. O que será levado para os níveis superiores dependerá do grau de importância da decisão.

E, por último, o grau de formalização. Geralmente, o grau de formalização não é uniforme e normalmente são expressos sob a forma de manuais. Para Carvalho e Patah (2012) esses manuais englobam instruções, rotinas de serviços e as responsabilidades.

### **2.4.2 Planejamento do Projeto**

De acordo com Limmer (1997), a partir de um plano determinado e com todos os dados relativos ao projeto, são realizadas atividades de engenharia, suprimentos e da

própria execução do projeto de modo que sejam cumpridos o escopo, prazo, custo, qualidade e risco. Este plano é chamado Plano Mestre Preliminar. Ele servirá como base para a implementação do projeto nos seus estágios iniciais. Após passar por ajustes e adequações, o Plano Mestre Preliminar é validado e passa a se chamar Plano Mestre Definitivo.

O Plano Mestre contém, entre outros, os seguintes elementos:

- Resumo descritivo do projeto;
- Especificações das características e níveis de desempenho do produto final;
- Definição da metodologia de execução;
- Cronograma mestre, composto de redes de atividades, listagem de eventos e marcos significativo;
- Matriz de responsabilidades;
- Organização do projeto, com sua estrutura operacional;
- Plano de gerenciamento;
- Plano de alocação qualitativa de pessoal;
- Sistema de informações do projeto;
- Sistemas de controle do projeto.

(Limmer, 1997 p. 16).

Todos os projetos, independentemente de sua natureza, utilizam, para seu planejamento, algumas atividades básicas que são representadas na figura 3.

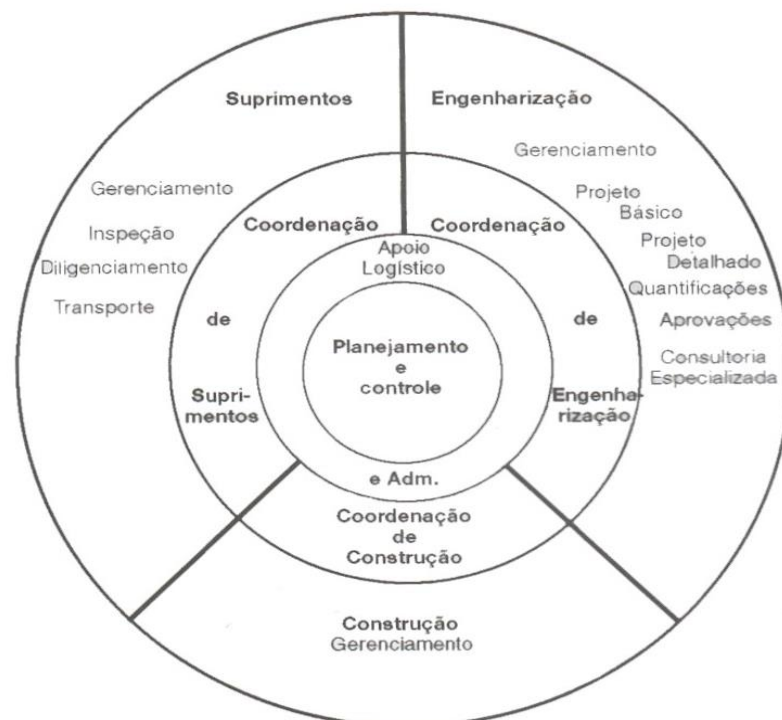


Figura 3 – Atividades básicas de um projeto

Fonte: Limmer, 1997, p.17

Percebe-se que o planejamento e controle encontram-se no centro desse universo. Portanto, ele é influenciado por todas as outras atividades que envolvem o projeto. Esse contexto retrata a importância desta etapa do ciclo de vida do empreendimento.

## 2.5 Análise, Acompanhamento e Revisão do Projeto

Mattos (2010) mostra que o acompanhamento do progresso e a respectiva análise de desempenho constituem o Controle do Projeto. Por meio de informações, o desempenho é comparado aos planos e às programações, podendo motivar, caso haja desvio significativo, a revisão dos planos, das programações, dos orçamentos e dos recursos alocados para a implementação do projeto, motivando um novo planejamento. A figura 4 a seguir representa a análise de desempenho de um projeto.

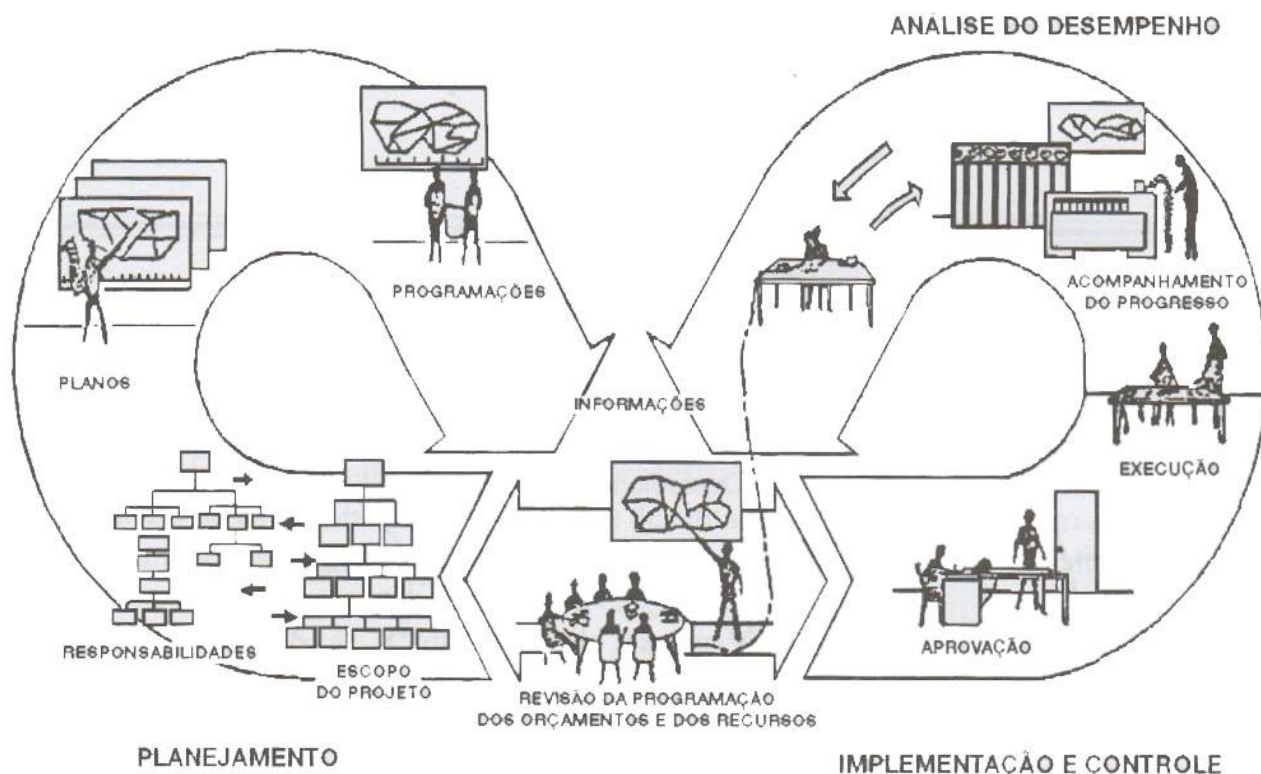


Figura 4 - Fases do processo de gerenciamento  
Fonte: Limmer, 1997 p. 13

O planejamento é um processo inicial. Porém, pode ser fator de influência ao longo do desenvolvimento do projeto, como pode ser visto na Figura 5. Esta figura retrata todas as fases de um projeto, medindo seu tempo e esforço.

	FASE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	CONCEPÇÃO	■	■	■												
2	DESENVOLVIMENTO				■	■	■	■	■	■						
3	EXECUÇÃO								■	■	■	■	■			
4	CONCLUSÃO											■	■	■	■	



Figura 5 - Fases genéricas de um projeto  
Fonte: Prado, 2004 p. 20

As fases representam um conjunto de atividades relacionadas de maneira lógica que culminam na conclusão de uma ou mais entregas. A estrutura de fases permite que o controle seja segmentado em subconjuntos lógicos para facilitar o gerenciamento, o planejamento e controle.

O PMBOK (5ª ed, 2013) mostra que a transição de uma fase para outra geralmente envolve e é definida por alguma forma de transferência técnica ou entrega. As entregas devem ser sempre revisadas e aprovadas para garantir que estejam completas e exatas. No entanto, é possível passar para outra fase sem essa revisão e aprovação, uma vez que os riscos não sejam significativos.

Segundo Souza e Melhado (2005, p. 94/95) a retroalimentação constitui um mecanismo de aprendizagem organizacional, cujo objetivo consiste em identificar, documentar e comunicar os erros cometidos, proporcionando oportunidades para melhoria contínua dos produtos e serviços. A figura 6 demonstra o ciclo de retroalimentação.

A retroalimentação é de grande importância na fase inicial de um empreendimento em que são utilizados os dados coletados em projetos anteriores. Nesta primeira etapa um maior esforço torna-se necessário devido ao processamento das informações para que não ocorram erros cometidos em outros empreendimentos.

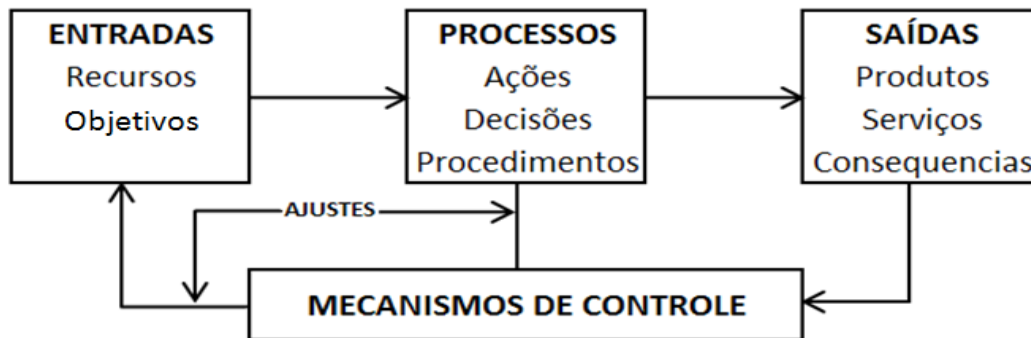


Figura 6 - Ciclo de retroalimentação do projeto  
Fonte: Limmer, 1997, p. 18 (adaptado)

Vale ressaltar que a retroalimentação deve ser utilizada ao longo do projeto, sendo que, ao final, tem-se um menor esforço, considerando a experiência obtida em projetos anteriores.

## 2.6 Procedimentos de gerenciamento do PMBOK

O PMI descreve os conhecimentos e práticas de gerência de projetos em termos de processos e métodos. Estes processos foram organizados em nove áreas de conhecimento. As nove áreas de conhecimento organizam os quarenta e quatro processos de gerenciamento de projetos, conforme a figura 7.

Como o próprio nome da publicação do PMI sugere, o PMBOK é um guia de boas práticas. Ou seja, um gerente de projeto não tem a obrigação de aplicar e seguir todos os quarenta e sete processos em todos os seus projetos.

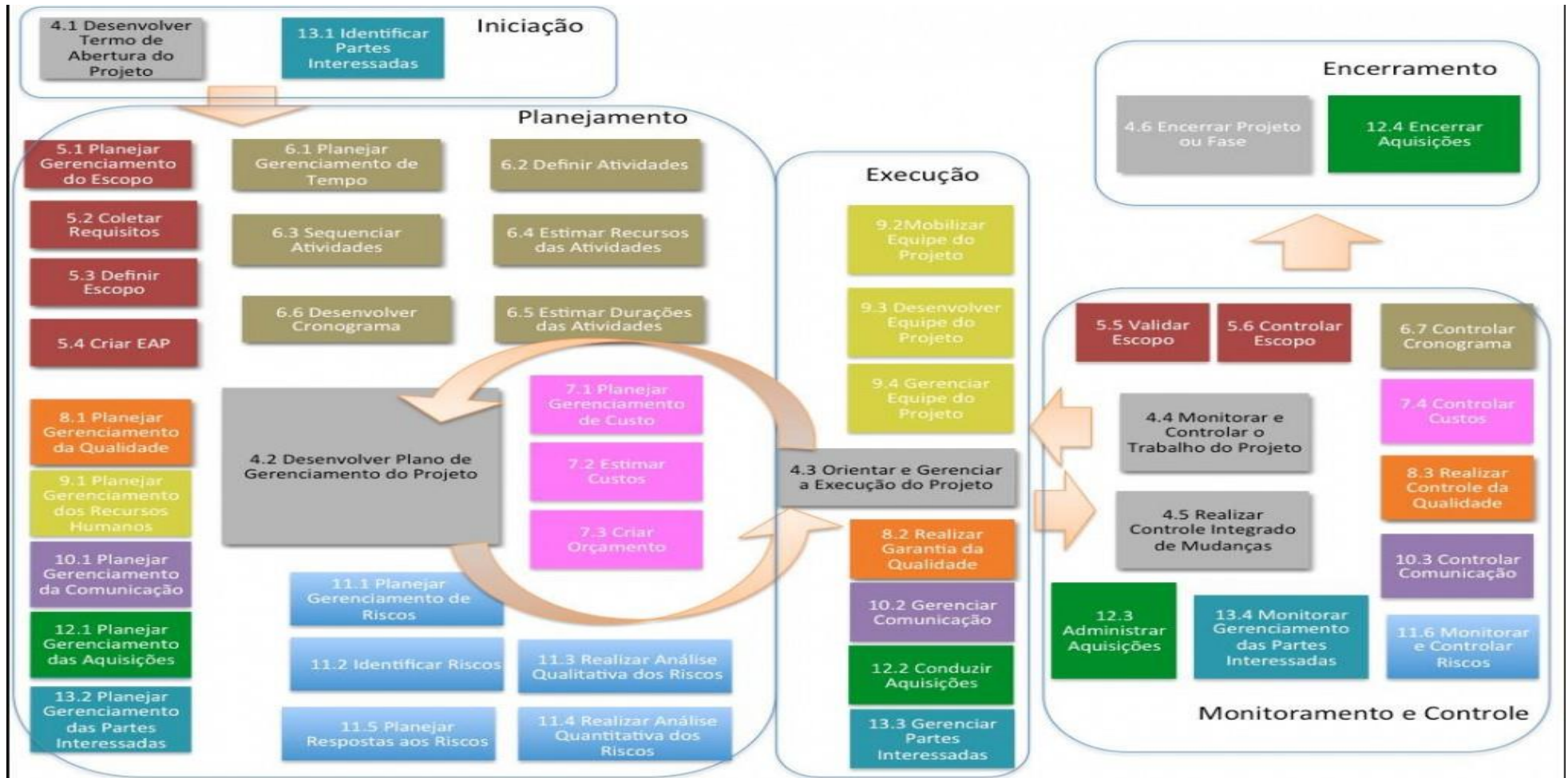


Figura 7 – Mapeamento de grupos de processos de gerenciamento de projetos e áreas de conhecimento  
 Fonte: PMBOK (5ª ed, 2013)

## **2.7 Projetos de Obras Civas**

### **2.7.1 Características da Construção Civil Brasileira**

De acordo com a revista Construção e Mercado (Ed. 164, 2015) se antes sobravam incertezas sobre o cenário econômico nacional, agora não há mais dúvida: o Brasil passa por um momento de crise. Recentemente, uma tendência de alta da inflação levou o Banco Central a elevar a taxa básica de juros, o que refletiu na capacidade de consumo e endividamento, tanto de empresas quanto de pessoas físicas.

Ainda que a economia comece a se recuperar no fim deste ano, tudo indica que a retomada do setor imobiliário será lenta. O crédito, motor desse mercado, está mais caro e bem mais escasso (Valle, 2016).

Construtoras e incorporadoras de todo o País, de todos os portes, devem aproveitar o momento para enxugar os custos e investir em planejamento e produtividade para garantir margens de lucratividade e manter o faturamento ativo.

Em meio a um dos cenários mais adversos das últimas décadas, os principais representantes do setor, de acordo com a revista Construção e Mercado (Ed. 164, 2015) são unânimes em afirmar que o momento não é para pessimismo, mas para apostar em ajustes profundos. Mais do que nunca, é hora das construtoras repensarem as estratégias de mercado, o que inclui ajustes na composição das equipes de canteiro e de incorporação, revisão de lançamentos previstos e análise estratégica.

Os efeitos do mercado são apresentados no gráfico 1 (PIB Brasil x PIB Construção Civil) elaborado pelo CBIC com dados do IBGE entre os anos de 2004 e 2015.



Gráfico 1: PIB Brasil x PIB Construção Civil (Variação%) – 2004/2015

Fonte: CBIC Dados

Com os dados do gráfico, verifica-se o comportamento do mercado com retração tanto do PIB Brasil e do PIB Construção civil. Um dos segmentos de maior peso na composição do PIB é, justamente, o setor da construção civil que se mostra negativamente afetado pelos indicadores macroeconômicos brasileiros.

### 2.7.2 A Importância do Planejamento e Controle em Projetos de Obras Civis

Souza e Melhado (2005, p. 40) afirmam que no Brasil, é inegável que os últimos anos foram de intensa evolução quanto aos métodos de gestão adotados nas empresas e nos empreendimentos do setor da construção civil.

As empresas buscam como nunca a eficiência produtiva sem perder a qualidade de seus produtos e tornam-se obrigadas a atender as repentinas mudanças que ocorrem no mercado para manterem-se competitivas.

Para Goldman (2014, p.11) o planejamento se constitui hoje como um dos principais fatores para o sucesso de qualquer empreendimento. O setor de planejamento técnico, segundo o mesmo autor, surge exatamente desta necessidade de organização do empreendimento de um projeto civil. No caso das construtoras, o setor de planejamento técnico interliga-se a quase todos os demais setores da empresa.

### **2.7.3 As Responsabilidades do Setor de Planejamento Técnico em uma Construtora**

Goldman (2014) enumera quatro fases de responsabilidade do setor de planejamento técnico. A saber:

1) Viabilidade da Construção: Esta etapa permite identificar se é viável ou não a execução do empreendimento, por meio de levantamento de dados que estimam para o construtor todos os gastos naquele projeto. Para este estudo, alguns dados como projeto arquitetônico, especificações técnicas e de acabamentos e o prazo da obra deverão ser considerados. Os setores financeiros e de arquitetura serão os principais parceiros do setor de planejamento nesta 1ª fase.

Para Limmer (1997), o estudo de viabilidade é a fase de avaliação de exequibilidade do projeto, considerando recursos tecnológicos disponíveis e a relação custo benefício a ser obtida quando da utilização do produto resultante do projeto. Nesta fase, desenvolve-se um modelo preliminar do projeto a ser executado. Este modelo preliminar é necessário para que se possa conhecer o projeto como um todo. Tal modelo tanto pode ser gráfico, representado por um conjunto de desenhos (arquitetônicos, estruturais, de instalações), como descritivo, representado por um conjunto de textos que definem os elementos componentes do projeto.

2) Planejamento Técnico-Econômico da Construção: O planejamento técnico-econômico da construção envolverá praticamente todos os setores da empresa. Nesta etapa, o planejamento canalizará o máximo de informações provenientes de diversos setores para que a obra possua um histórico que leve em conta todos os

detalhes pertinentes à construção. Os relatórios mais importantes nesta fase são: orçamento detalhado da obra, cronograma físico-financeiro e documentação técnica.

3) Controle Físico-Financeiro da Construção: Os principais setores envolvidos serão praticamente os mesmos da fase de planejamento.

Na figura 8 é possível observar o inter-relacionamento do setor de planejamento.

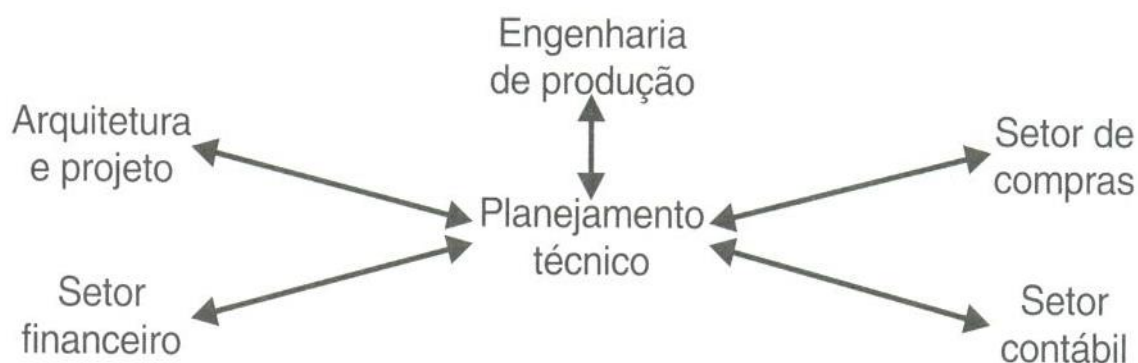


Figura 8 - O Inter-Relacionamento do Planejamento  
Fonte: Goldman, 2014, p. 23

O inter-relacionamento com o setor de arquitetura e projetos será feito ao longo de toda a execução da obra. Mesmo com as definições de projetos e das especificações, algumas alterações surgem no decorrer da construção, o que resultará em revisões dos projetos e na alteração das especificações. Estas mudanças muitas vezes serão necessárias em razão da necessidade de redução de custos, da melhoria do padrão da obra ou em razão de forças externas, como indisponibilidade do material especificado.

Com o setor financeiro, como dito anteriormente, a obra deverá alimentar com todas as informações de previsão de pagamentos, para que não ocorram grandes distorções nas previsões financeiras. Em certos momentos, faz-se necessário que a obra diminua seu ritmo ou até mesmo o aumente. (Goldman, 2014).

O setor contábil desenvolverá um papel de suma importância no planejamento. Mensalmente, informará à obra os gastos reais que foram executados. Estas informações constituem a principal ferramenta para a avaliação dos resultados obtidos

após a análise entre os gastos reais da obra e os custos definidos inicialmente no orçamento. Para que as informações sejam confiáveis, uma perfeita alocação destes gastos deverá ser realizada. Goldman (2014), afirma que, para isso, será necessário que a empresa tenha um plano de serviços que seja o mesmo para todos os setores da empresa. Este plano recebe o nome de “Plano de Contas de Construção”. O Plano de Contas permitirá que o planejamento, bem como o setor contábil, comparem os valores de um mesmo insumo ou serviço que foi realizado na obra.

Junto ao setor de compras, o planejamento atuará de forma eficaz. Todas as compras e contratos que serão formalizados para a obra deverão passar por uma avaliação do planejamento para não permitir distorções de quantitativo ou financeiro.

Para Slack (2008), no setor de produção o planejamento atuará de forma dinâmica de modo que ao mesmo tempo em que dita às diretrizes de trabalho, assessora e controla o desempenho físico da construção.

4) Resultados físico-financeiros da construção: Ao longo da execução da obra, ou quando a mesma for concretizada, o setor de planejamento será capaz de informar se o desempenho físico-financeiro apresentou uma performance boa ou ruim. Com as informações analisadas e comparadas, o setor de planejamento poderá emitir um parecer e apresentar os resultados do período em questão. Este parecer, bem como as informações, serão apresentados em forma de um “Relatório Gerencial”. A importância deste relatório se concretiza, principalmente, para os setores técnicos e para a diretoria. A periodicidade dos relatórios gerenciais normalmente é mensal. Nos casos de avaliação de apenas um serviço (não considerando a obra com um todo), o relatório poderá ser emitido em curtos espaços de tempo (como semanal e quinzenal).

De um modo geral, as construtoras adotam uma nova reformulação na sua estrutura organizacional. Nem sempre apresentam todos os setores. Desta forma, várias empresas poderão fazer o papel dos setores seguindo a tendência de terceirização de atividades. Com a terceirização, alguns setores poderão ser substituídos parcialmente ou totalmente (Goldman, 2014).

Para (Brandli 2009), a terceirização é identificada como o processo através do qual as empresas transferem para terceiros suas atividades meio, isto é, atividades de apoio, enquanto a subcontratação refere-se à transferência de atividades fins, caracterizadas pelas etapas do processo produtivo.

## **2.8 Ferramentas de Planejamento, Monitoramento e Controle**

Ao longo da evolução do tempo e do conhecimento, a criação e aperfeiçoamento das ferramentas de planejamento, monitoramento e controle fizeram com que os processos de coleta de dados, entradas, tratamento das informações, análise dos dados e as tomadas de decisões aumentassem a eficiência e a eficácia destes processos.

Para Valle (2010), uma ferramenta de gestão pode ser entendida como alguma coisa tangível, como um modelo ou um programa de software, usada na realização de uma atividade para produzir um produto ou resultado. Com a utilização das ferramentas, a precisão das informações conduzirá ao aumento de produtividade e da racionalidade das decisões que serão tomadas. A seguir, serão apresentadas algumas ferramentas que contribuirão para a melhoria da gestão de projetos para construção civil.

### **2.8.1 A Estrutura Analítica do Projeto (EAP)**

Segundo Vargas (2016), a EAP é a ferramenta de gerenciamento do escopo do projeto. Cada nível descendente do projeto representa um aumento no nível de detalhamento do projeto, como se fosse um organograma. Pode ser apresentada de forma genérica ou detalhada.

Por meio da análise dos componentes do projeto será possível atingir um nível significativo de detalhes que serão fundamentais para as medidas de controle do

planejamento. Esta divisão servirá de base para a definição do trabalho que será realizado a fim de atingir os objetivos do projeto.

Para Limmer (1997), a EAP nada mais é que a partição dos objetivos do projeto em seus subjetivos componentes, que provê um modelo do produto final e define completamente o projeto. A figura 9 exemplifica uma EAP.

EDT	Nome da tarefa
<b>6</b>	<b>Instalações</b>
<b>6.1</b>	<b>Projeto</b>
6.1.1	Instalação hidráulica
6.1.2	Instalação elétrica
6.1.3	Telefonia
<b>6.2</b>	<b>Construção</b>
<b>6.2.1</b>	<b>Instalação hidráulica</b>
6.2.1.1	Rede de esgotos
6.2.1.2	Rede de água fria
6.2.1.3	Louças e metais
<b>6.2.2</b>	<b>Instalação elétrica e telefonia</b>
6.2.2.1	Rede elétrica
6.2.2.2	Rede de telefonia

Figura 9 - Exemplo de EAP analítica  
Fonte: Valle, 2010, p. 144

A EAP assegura que todos os itens e assuntos do projeto estão sendo considerados, auxilia na determinação da responsabilidade dos partícipes, fundamenta a estruturação do sistema de informações, além de ser elemento chave para a organização do projeto (Valle, 2010).

Para o PMI (PMBOK, 5ªed, 2013), embora cada projeto seja exclusivo, *“uma EAP de um projeto anterior pode frequentemente ser usada como modelo para um novo projeto, pois alguns projetos se assemelham até certo ponto a outro projeto anterior”*.

No entanto, é possível elencar algumas dificuldades para a utilização da EAP de acordo com Valle (2010). Vejamos:

- a quantidade de níveis da EAP deve ser bem avaliada, pois enquanto a forma sintética dificulta o acompanhamento do projeto, a decomposição excessiva

pode acarretar no aumento de custo e dificuldades nas ações de controle, desviando a atenção dos objetivos para os detalhes;

- a elaboração de uma EAP confiável exige um conhecimento adequado das características do projeto, bem como, em alguns casos, de experiência anterior em projetos similares.

### **2.8.2 Cronogramas em Rede**

Os cronogramas (ou diagramas) em rede surgiram no final da década de cinquenta e início dos anos sessenta. Essa representação, segundo Prado (2004), consiste na decomposição do projeto em atividades e na interligação destas atividades seguindo uma sequência de execução, formando uma rede ou malha. Na mesma época surge o CPM (*Critical Path Method*) ou Método do Caminho Crítico. Slack (*et. al* 2008, p. 530) afirma que o método do caminho crítico (CPM) modela o projeto, esclarecendo os relacionamentos entre as atividades. O caminho crítico é definido pela soma das durações das atividades. O caminho com a sequência mais longa é definido como *Caminho Crítico*. Isto implica em dizer que qualquer atividade atrasada que estiver presente nesta sequência, atrasará todo o projeto.

Em seguida, surge o PERT (*Program Evaluation and Review Technique*). O objetivo era desenvolver uma técnica para planejar e controlar os prazos e os custos estabelecidos no projeto. Ainda de acordo com Slack (2008), esta técnica reconhece que a duração de uma atividade e seus custos não são fixos. A teoria da probabilidade poderá ser aplicada para fazer estas estimativas.

#### **2.8.2.1 Redes PERT/CPM**

São definidas como uma rede de planejamento de atividades em setas que demonstram o início e o fim de cada etapa da execução, colocando-se o nome da atividade na parte superior da seta e a duração na inferior. De acordo com Limmer

(1997, p. 43), para elaborar uma rede de planejamento procede-se da seguinte maneira:

- Listar todas as atividades do projeto;
- Estabelecer a ordem de execução das atividades, ou seja, a lógica da rede;
- Determinar a duração de cada atividade;
- Determinar os eventos inicial e final da rede;
- Determinar as atividades que podem ser executadas em paralelo;
- Calcular as datas dos eventos inicial e final de cada atividade.

A tabela 01 e a figura 11 exemplificam um modelo de rede PERT/CPM.

**Tabela 01 - Atividades Para Construção de uma Casa**

	Atividades	Duração (dia)	Antecessora
A	Fundações	2	
B	Alvenarias	4	A
C	Instalações hidráulicas	3	B
D	Cobertura	1	B
E	Esquadrias	1	B
F	Revestimentos	1	E
G	Ferragens	1	F
H	Instalações elétricas	1	F
I	Acabamentos	2	D, G, H
J	Limpeza	1	I

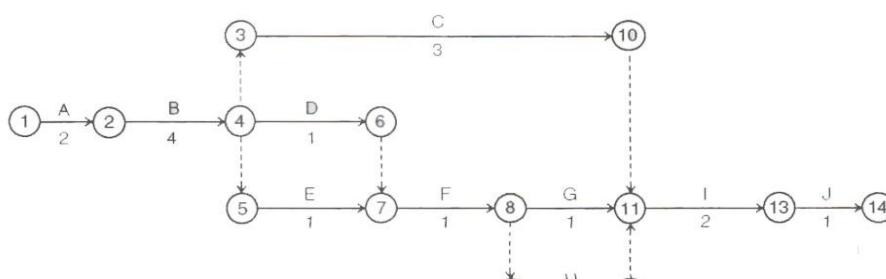


Figura 10 – Rede PERT/CPM para uma casa  
Fonte: Limmer (1997, p.52)

Contudo, a utilização da ferramenta apresenta algumas desvantagens segundo Valle (2010). Entre elas a geração de relatórios muito extensos e de não representar graficamente, de forma clara e facilmente visível, a duração das atividades.

### 2.8.3 Cronogramas em Barras

O Cronograma ou Gráfico em Barras ou Diagrama de Barras foi desenvolvido pelo americano Henry L. Gantt e consiste em marcações de segmentos de reta em barras de um gráfico (Valle, 2010, p.147). Esses cronogramas são construídos listando as atividades do projeto em uma coluna, com suas respectivas durações que serão traçadas por barras horizontais. A duração de cada atividade será representada por uma barra nas colunas adjacentes. A unidade de tempo que será adotada dependerá das necessidades do projeto, podendo variar de: hora, dia, semana, mês, ano e etc.

#### 2.8.3.1 Cronograma Físico do Projeto

Para Slack (2008) uma das ferramentas mais importantes e também mais utilizadas para o planejamento e controle de produção é o cronograma físico. O cronograma é a representação gráfica da programação de tempo e sequência da execução de todas as atividades de uma obra. O modelo do cronograma poderá variar de acordo com seu nível de detalhamento. As figuras 11 e 12 que seguem, mostram formatos distintos de representação de um cronograma de uma obra.

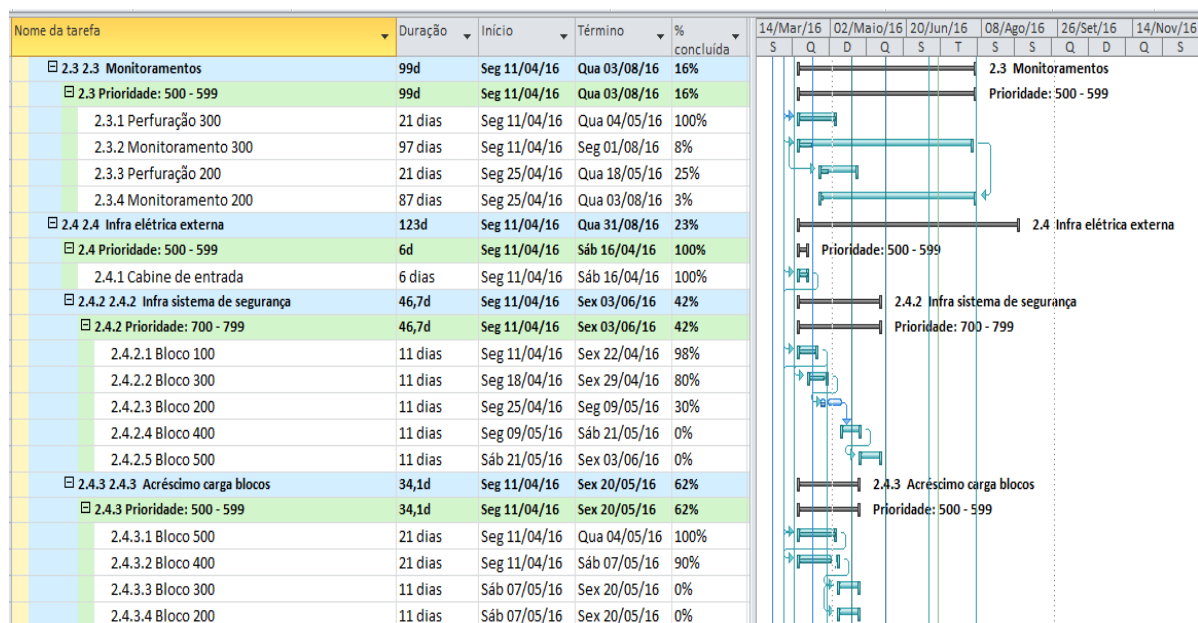


Figura 11 - Modelo de cronograma utilizando MS Project 2007

Fonte: TecPlaner - 2016

EDIFÍCIO COMERCIAL XYZ																
Código	Descrição / Serviço	Un	30-abr-15	31-mai-15	30-jun-15	31-jul-15	31-ago-15	30-set-15	31-out-15	30-nov-15	31-dex-15	31-jan-16	29-fev-16	31-mar-16	30-abr-16	31-mai-16
			5,5%	6,8%	9,2%	11,2%	12,8%	14,2%	15,4%	17,0%	18,9%	20,7%	22,8%	26,1%	31,1%	35,0%
03	MOVIMENTO DE TERRA		71,0%	77,7%	84,3%	84,5%	84,7%	99,0%	99,2%	99,3%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
03.01	Escavação mecânica		86,4%	86,9%	86,9%	86,9%	86,9%	86,9%	86,9%	86,9%	86,9%	86,9%	86,9%	86,9%	86,9%	86,9%
03.01.01	Escavação Mecanizada Com Escavadeira	m3	71,9%	78,6%	85,3%	85,3%	85,3%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
03.01.02	Reaterro Manual Com Auxilio De Compactador Tipo Placa	m3	88,6%	88,6%	88,6%	88,6%	88,6%	88,6%	22,8%	77,2%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
03.01.03	Carga, Transporte E Descarga De Material Do Movimento De Terra	m3	71,9%	78,6%	85,3%	85,3%	85,3%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
03.01.04	Proteção De Taludes Com Tela Galv. Pintado E Chapisco A Colher	m2	67,2%	73,8%	80,3%	86,9%	93,4%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
04	FUNDAÇÃO (SET-2014 A MAR-2014)		18,1%	38,1%	72,0%	86,7%	89,5%	92,6%	96,3%	96,8%	97,0%	97,1%	97,3%	97,4%	97,6%	97,7%
04.01	Estacas do Núcleo (ESTACAS TIPO BARRETE)		3,9%	34,3%	83,1%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
04.01.01	Taxa de Mobilização por conjunto de equipamentos (Fundação projeção torre + núcleo)	cj	50,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
04.01.02	Execução de estacas escavadas com lama betonítica Ø 160cm - SPT ≤ 50 (projeção da torre)	m	44,9%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
04.01.03	Execução de estacas escavadas com lama betonítica Ø 170cm - SPT ≤ 50 (projeção da torre)	m	44,9%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
04.01.04	Execução de estacas escavadas com lama betonítica Ø 180cm - SPT ≤ 50 (projeção da torre)	m	26,5%	87,2%	87,2%	87,2%	87,2%	87,2%	87,2%	87,2%	87,2%	87,2%	87,2%	87,2%	87,2%	87,2%
04.01.05	Execução de estacas escavadas com lama betonítica Ø 160cm - SPT ≥ 50 (projeção da torre)	m	35,5%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
04.01.06	Execução de estacas escavadas com lama betonítica Ø 170cm - SPT ≥ 50 (projeção da torre)	m	44,9%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Figura 12 - Modelo de cronograma utilizando *Microsoft Excel*  
 Fonte: TecPlanner – 2016

Segundo Qualharini (1996, p. 32), cronogramas em barras, embora sejam utilizados principalmente para representar a programação e controle das atividades, também são muito utilizados para representar a programação e controle de mão de obra, materiais e equipamentos, sendo muito útil quando se utiliza a técnica de alocação e nivelamento de recursos.

Como vantagens, Qualharini (1996) e Valle (2010), apontam a possibilidade de uma visão global do planejamento e execução das atividades ao longo do tempo. Sua elaboração é efetuada com facilidade e rapidez, não demanda pessoal altamente especializado para sua execução e auxilia os processos de alocação e nivelamento de recursos.

Já como desvantagem Valle (2010) aponta a dificuldade de visualizar as interfaces das atividades e, por conseguinte, a interdependência entre elas. Porém, a maioria dos softwares de gerenciamento apresenta uma variante do gráfico, nos quais a interdependência é representada por meio da interligação das barras. Ainda para o mesmo autor, trata-se de um cronograma muito rígido, uma vez necessitar da definição prévia da duração das atividades, além de não levar em conta as folgas das atividades, tratando-as como se fossem atividades críticas.



quem vai executar, onde, quando e em que ritmo será executado. A declividade da reta indica o ritmo em que a atividade deverá ser executada. Vale lembrar que a representação retilínea considera que as atividades tem um ritmo de execução prefixado.

Podem-se apontar algumas vantagens com utilização da ferramenta segundo Hernandez (2002) como, por exemplo, permitir fácil visualização, em forma gráfica, dos ritmos de produção e informação da duração das atividades, bem como interferência com as atividades mais próximas. Nenhuma outra técnica de planejamento oferece esta facilidade, uma vez que não são especialmente desenvolvidas para atividades repetitivas. Mendes, Valle e Fabra (2008) destacam como vantagem da ferramenta o fato de que todos os principais componentes necessários à programação da obra são identificados por meio das linhas de balanço: O quê (qual atividade) deve ser feito; Quem deve fazer (qual equipe); Onde fazer (qual cômodo, apartamento, pavimento fachada); e Quando fazer (qual semana).

Algumas desvantagens apontadas por Rodrigues (2012) em relação à utilização da técnica são que os projetos imobiliários, muitas vezes, possuem centenas de pacotes de trabalho e milhares de atividades, desencorajando os profissionais a partirem para o uso dos diagramas de rede que darão base à montagem das linhas de balanço. Além disso, os cronogramas de barras (gráficos de Gantt) são mais conhecidos e contam com o sucesso de softwares como o *MS Projec*, que são ferramentas bem populares de planejamento.

Hernandez (2002) aponta como desvantagem o fato de ainda serem limitadas as suas aplicações na construção civil. Como o uso da Linha de Balanço é restrito a projetos de serviços repetitivos, há a necessidade de se elaborar uma programação à parte para serviços não repetitivos. Os autores citam ainda como desvantagem a necessidade de um projeto integrado à forma de execução e a dificuldade de se considerar o grande número de variáveis influentes no processo construtivo. Várias atividades exigem uma sequência de execução distintas do andamento da obra, causando, dessa maneira, escalas diferentes para a mesma linha de balanço.

### 2.8.5 Histogramas e Curva S

Elaborado todo o planejamento do tempo e duração das atividades, é preciso fazer a análise dos recursos que foram considerados para que se possa garantir que as etapas serão concluídas conforme o cronograma.

No projeto de uma construção, além da disponibilidade, os recursos deverão ser consumidos de forma coerente. Todas as atividades consomem recursos, sejam eles de mão de obra, materiais e/ou equipamentos.

Segundo Limmer (1997), a alocação de recursos servirá para saber em que quantidade e quando um determinado tipo de insumo será necessário durante uma obra. O mesmo autor afirma ser sempre desejável evitar sucessões de “picos” e “vales” para distribuição dos recursos ao longo da obra. Existem duas situações distintas para nivelar os recursos alocados. Pela definição do PMBOK (5ª ed, 2013, p.433) histograma é:

*“um gráfico de barras que representa o tempo em que um recurso é agendado para funcionar por uma série de períodos de tempo. A disponibilidade do recurso pode ser representada como uma linha para fins de comparação. Barras contrastantes podem demonstrar quantidades reais de recursos usados conforme o projeto se desenvolve”.*

O histograma da figura 14 mostra de forma bastante clara como é feita a distribuição de um recurso ao longo do tempo de sua utilização como a mão de obra, materiais e equipamentos que serão necessários para a execução do projeto. Limmer (1997, p. 64)

Outra representação gráfica de correlação entre os recursos e custos bastante utilizada é a chamada Curva S. Os valores acumulados em cada período (período este estabelecido de acordo com a plataforma de controle: semanal, quinzenal, mensal etc.), são representados em um gráfico, gerando assim, o formato semelhante à letra S, conforme figura 15.

A curva S mostra a distribuição dos recursos de forma cumulativa. Por meio desta curva, pode-se ver todo o projeto, representado em termos de recursos ou financeiros

que serão necessários para execução da obra. Também através da curva S, será possível identificar o ritmo em que serão executados os serviços. Este ritmo será definido pelo coeficiente angular da curva. Usualmente, são utilizadas as seguintes opções de curva S:

- a) 40% do projeto previsto ser completado em 50% do tempo;
  - b) 50% do projeto previsto ser completado em 50% do tempo;
  - c) 60% do projeto previsto ser completado em 50% do tempo;
  - d) 50% do projeto previsto ser completado em 40% do tempo;
  - e) 50% do projeto previsto ser completado em 60% do tempo.
- (Limmer, 1997 p. 64).

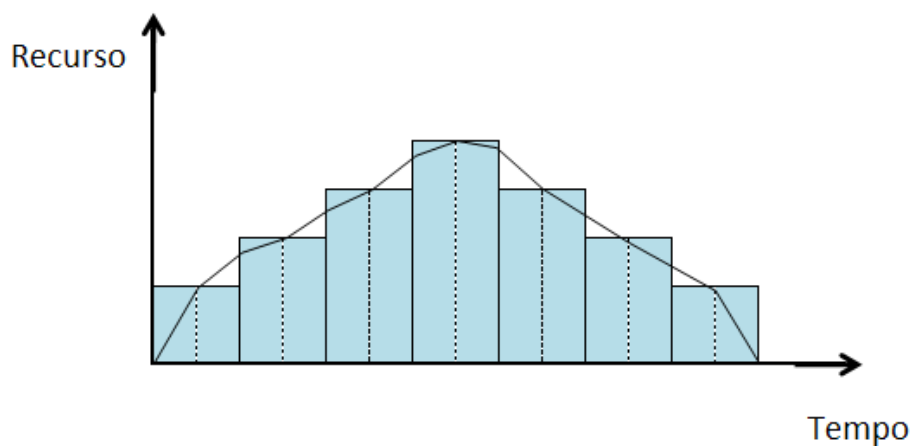


Figura 14 - Traçado de um Histograma  
Fonte: Limmer, 1997 p. 65.

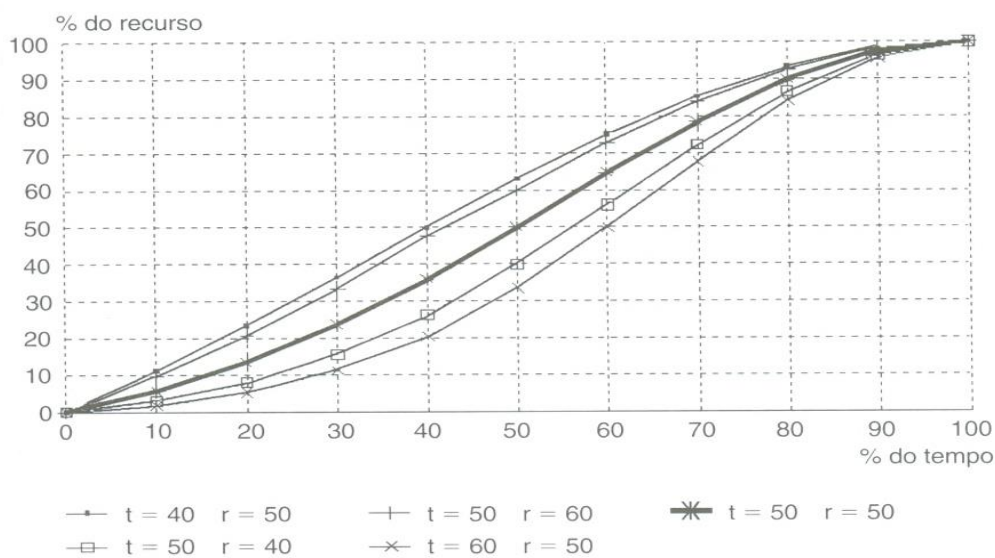


Figura 15 - As cinco opções da curva S  
Fonte: Limmer, 1997 p. 65.

É importante lembrar que, apesar desta predefinição, a curva S é uma das características que reforçam a ideia característica de um projeto, ou seja, sua individualidade.

### 2.8.6 Diagrama de Causa e Efeito

Este tipo de diagrama também é comumente chamado de diagrama de Ishikawa ou espinha de peixe. Esta representação gráfica (figura 16) é utilizada, principalmente, para indicar os fatores que contribuem diretamente para os resultados da(s) causa(s) de um problema. Para utilização desta ferramenta, Valle (2010) estabelece alguns cuidados básicos que devem ser observado como, por exemplo, definir de forma mais clara possível o problema objeto do estudo, posicionar o problema sempre à direita, identificar as causas que surgem com maior frequência e verificar qual delas poderá influenciar no objeto estudado.

Como vantagem, poderá ser uma excelente ferramenta de identificação das causas associadas a um efeito, minimizando as possibilidades de deixar algum item importante fora do estudo. Além disso, é de fácil visualização e interpretação das possíveis causas do problema, dentre outras.

Como desvantagens, esta ferramenta exige que todos estejam de acordo com a causa identificada. Nos casos de dúvidas, uma má interpretação poderá gerar equívocos, não sendo possível mensurar sua gravidade.

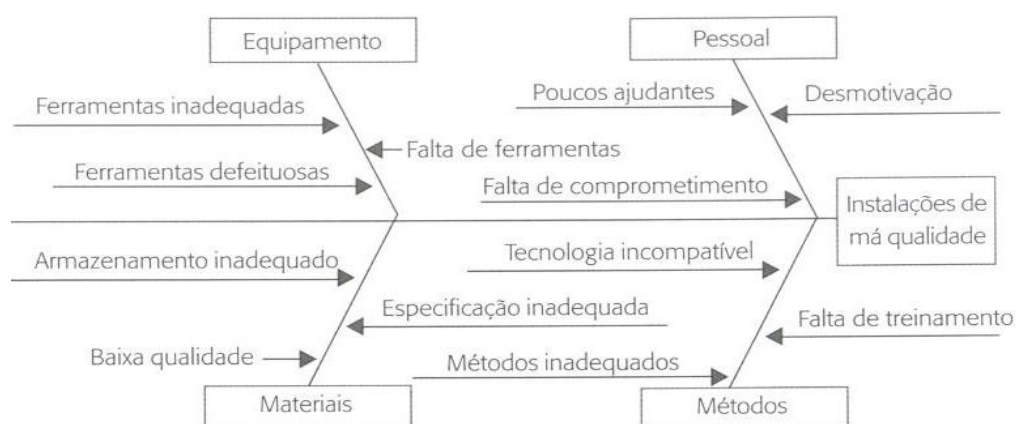


Figura 16 - Diagrama de Causa e Efeito  
Fonte: Valle (2010, p. 154)

### 2.8.7 O ciclo PDCA

De acordo com Valle (2010) o ciclo PDCA surgiu do conceito de melhoramento contínuo de processos. A roda de Deming (assim chamado em homenagem a W.E Deming) é uma sequência de atividades que serão repetidas de maneira cíclica para melhorar as atividades. Como se trata de processo de melhoria contínua não há estabelecimento do fim.

A primeira etapa do ciclo é o estágio P (Planejar). Para Slack (et. *al* 2008, p. 605), o estágio P envolve o exame do atual método ou da área-problema estudada. No primeiro estágio, são coletados e analisados os dados sendo estabelecido um plano de ação com o intuito de melhorar o desempenho. O diagrama completo é mostrado pela figura 17 a seguir.

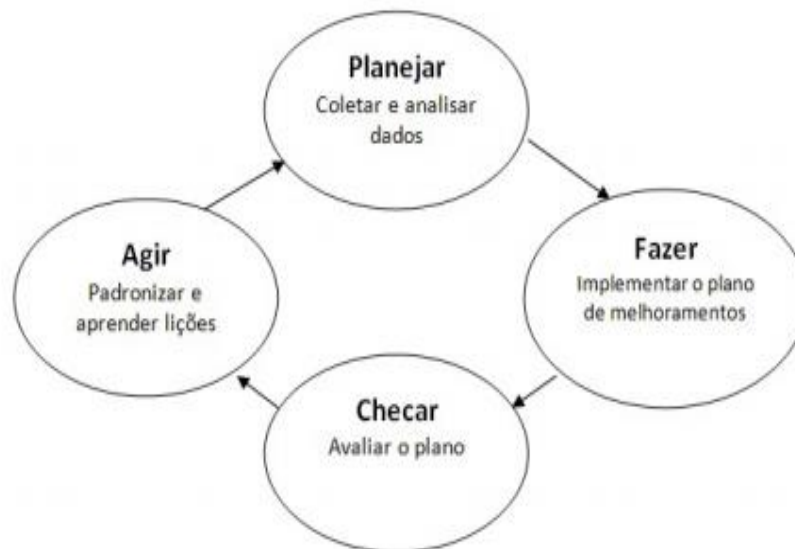


Figura 17 - O ciclo PDCA  
Fonte: Slack (2008, p. 606) adaptado.

A segunda etapa refere-se ao ciclo D (do verbo DO, fazer) segundo o mesmo autor, é o estágio de implementação durante o qual o plano é tentado na operação.

Em seguida, surge a terceira etapa do ciclo C (de Checar). Neste ponto, a solução definida em D é avaliada para verificar o melhoramento esperado.

O último estágio é o ciclo A (de Agir). Slack (2008, p. 605) afirma que neste estágio a mudança é consolidada ou padronizada, se foi bem sucedida. Caso não ocorra, novas medidas serão tomadas antes que o ciclo comece novamente. Como dito anteriormente, este ciclo trata de processo de melhoria continua não havendo estabelecimento do fim.

### 2.8.8 Diagrama de Pareto

O diagrama de Pareto se constitui como outra forma gráfica de representação das evidências e dos fatores que contribuem para ressaltar a grau de importância entre os vários problemas ou situações adversas do universo controlado que, no caso do presente trabalho, será uma obra. Este Diagrama é baseado no Princípio de Pareto, no qual 20% dos fatores respondem por 80% dos resultados (Slack 2008).

Representa-se por um gráfico de colunas, no qual cada uma representa a frequência de determinado problema. A organização destas colunas será feita de acordo com a ordem decrescente de importância (da esquerda para a direita).

Para Slack (2008), um ponto extremamente importante no que diz respeito ao Pareto, é que nem sempre os problemas que surgem com maior frequência são aqueles que apresentam maiores custos. A figura 18 mostra um exemplo de diagrama de Pareto:

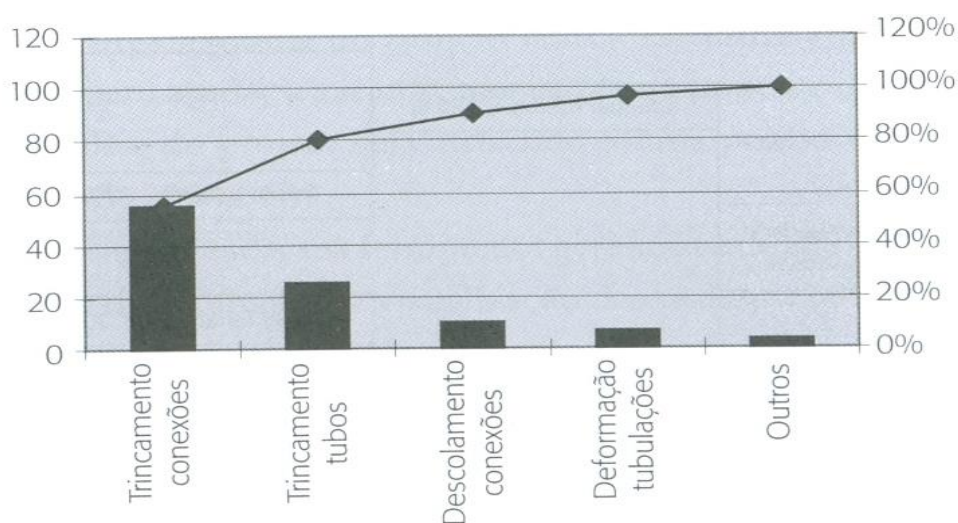


Figura 18 - Exemplo de Diagrama de Pareto  
Fonte: Valle (2010 p. 155)

Valle (2010, p.154) apresenta as seguintes contribuições do diagrama de Pareto:

- a) O diagrama sugere atenção a elementos críticos do processo e ajuda a identificar esta prioridade;
- b) O diagrama permite classificar (em ordem decrescente) os elementos do processo segundo a importância da contribuição de cada um para o processo inteiro;
- c) O diagrama, como outras ferramentas, investe na visualização global do processo, passando a ideia de que essa visão abrangente é fundamental para decisão nesse nível, sempre de porte amplo;
- d) A ferramenta mostrará onde se devem priorizar as ações de melhorias. O diagrama de causa e efeito usará como base de ação esses dados.

### 2.8.9 Matriz de Responsabilidades

Segundo o PMBOK (5ª ed, 2013, p. 368) é “uma estrutura que relaciona o organograma do projeto com a EAP para ajudar a garantir que cada componente do escopo de trabalho do projeto seja atribuído a um responsável”. Será uma ferramenta que auxiliará na determinação e visualização das responsabilidades dos membros da equipe de trabalho.

Para elaboração da Matriz de Responsabilidades, as atividades da EAP serão dispostas em linhas e, nas colunas, as equipes responsáveis. Nas células, será indicado o tipo de participação de cada um. A tabela 2 mostra um exemplo de uma matriz.

**Tabela 2** - Exemplo de Matriz de Responsabilidades

<b>Atividade</b>	<b>Projetista</b>	<b>Construtor</b>	<b>Fiscalização</b>
Projeto de instalações	E	I	A
Execução da instalação hidráulica	I	E	A
Execução de instalação elétrica e de telefonia	I	E	A

Fonte: Valle (2008, p. 158)

Segundo Valle (2008), a elaboração da Matriz de Responsabilidades apresenta algumas vantagens como, por exemplo, a possibilidade de identificar com clareza os responsáveis da tarefa, indicar quem estará sobrecarregado ou quem estará mais disponível, ajudará no remanejamento de pessoas de uma equipe para outro caso necessário e evidenciará o relacionamento das atividades entre as equipes.

## **2.9 A tecnologia BIM**

### **2.9.1 Ambiente colaborativo na construção civil**

Na indústria da construção civil, as fases necessárias para o planejamento e a construção de um empreendimento envolvem profissionais de diversas áreas com o objetivo de entregar o projeto (obra). Para Melhado (2005), em um ambiente de gestão de qualidade, o processo de projeto deve estar voltado ao atendimento das necessidades de informação de todos os clientes internos que atuam no ciclo de produção do empreendimento. Para Novaes e Coelho (2008), o projeto pode ser visto como uma forma organizada de informações que devem ser compartilhadas pelos intervenientes na construção do objeto.

Nessa conjuntura, a colaboração e cooperação são essenciais e a adoção de sistemas computacionais se mostra necessária para interceder às relações. Em um ambiente colaborativo, os profissionais podem trocar informações sobre seus respectivos projetos com agilidade. O “chefe” é substituído por um facilitador que recebe e transmite informações, cujo papel passa a ser o de certificar que as contribuições individuais sejam acatadas, enriquecendo a solução do produto a partir dos conhecimentos e sugestões de todos os participantes do processo. No projeto colaborativo, as responsabilidades, riscos e sucessos são distribuídos por todos os participantes (Florio, 2007).

### 2.9.2 Definição de BIM na construção civil

Considerando o universo da construção civil, BIM (Building Information Models ou Building Information Modeling) é um conceito que basicamente envolve a modelagem das informações do edifício, criando um modelo digital integrado de todas as disciplinas (arquitetura, estrutura, instalações e etc.). Faz parte da integração considerando todo o ciclo de vida da edificação, inclusive a operação. O foco do presente trabalho limita-se somente até a modelagem 3D paramétrica e a interoperabilidade (troca de informações e/ou dados através de computadores).

É válido esclarecer que BIM não é um programa / software ou um produto. De acordo com Eastman (*et al.* 2014), é um processo integrado, construído em informações coordenadas e confiáveis sobre um projeto desde a concepção até a construção e a operação. Embora tenha maiores similaridades com a arquitetura, os princípios de BIM são fortemente aplicados na engenharia, desde a indústria até os subempreiteiros.

Para Florio (2007) o BIM oferece uma tecnologia potencialmente transformadora por sua capacidade de fornecer um recurso compartilhado digital para todos os participantes na gestão do ciclo de vida de um edifício, desde o desenho preliminar, até a gestão de instalações, como mostra a sua troca de informações na Figura 19.



Figura 19: Fluxo de informações modelo BIM

Fonte: Florio (2007)

A diferença do BIM e do CAD é a elaboração do projeto, pelo usuário, usando objetos ao invés de apenas as linhas. O BIM contém propriedades predefinidas, ou propriedades definidas pelo usuário, que completam quantidades de material. Dessa forma, a integração é feita ao longo do ciclo de desenvolvimento do projeto (Florio 2007).

### 2.9.3 Estágios de evolução do BIM

Manzione (2013) cita que a adoção do BIM por empresas e mesmo pelos profissionais será um processo em longo prazo. Desta forma, o autor adaptou um modelo de maturidade elaborado por Succar 2009 (*apud* Manzione, 2013), estabelecendo critérios baseados em vários requisitos. Foram definidos cinco graus: Pré BIM, BIM estágio 1, BIM estágio 2, BIM estágio 3, BIM estágio – *Integrated Project Delivery*, que podem ser observados na figura 20 a seguir.

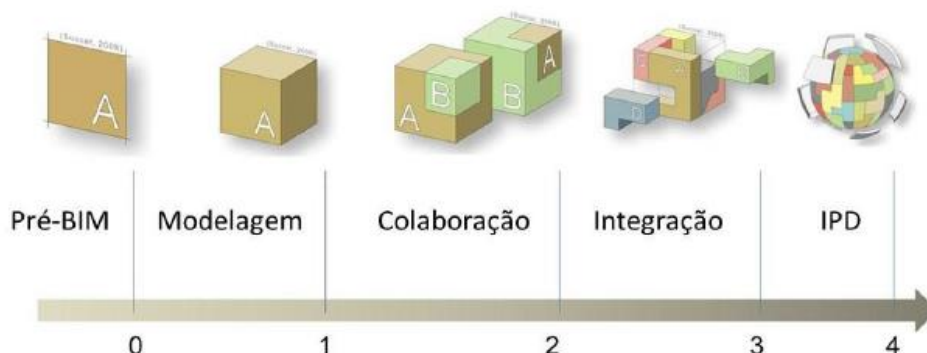


Figura 20: Estágios da evolução do BIM  
Fonte: Manzione 2013, pg. 65

Para Succar (2009 *apud* Manzione, 2013), os estágios BIM são descritos da seguinte forma.

- Pré-BIM (estágio zero): É baseado em desenhos CAD 2D que também podem apresentar algumas visualizações em 3D. Porém, não existe integração entre os

documentos gerados (não há levantamentos quantitativos e especificações). Não são práticas colaborativas, sendo o processo de projeto sequencial e assíncrono.

- Modelagem (BIM Estágio Um): para o autor, neste estágio começa-se a implementação BIM baseada na modelagem individual das disciplinas com utilização de softwares (como *Revit*® e *Archicad*® usualmente mais conhecidos no Brasil). Nesta etapa, são gerados modelos compatibilizados de projetos, visualizações 3D e quantitativos simples. Ainda assim, nesta etapa, o desenvolvimento do trabalho continua de forma não colaborativa e com pequena troca de informações.
- BIM Estágio Dois: A partir deste estágio, inicia-se o processo de colaboração com outras disciplinas através da troca de arquivos entre softwares BIM.

Essa colaboração pode ocorrer dentro de uma ou duas fases do ciclo de vida do edifício, como, por exemplo: troca “projeto-projeto” entre modelos de arquitetura e estrutura, troca “projeto-construção” entre modelos de estrutura e modelos para fabricação de estruturas metálicas e troca “projeto-operação” entre modelos de arquitetura e modelos para gestão das utilidades.

(Manziona, 2013, pg. 166)

O autor menciona que apenas um dos modelos precisa conter informações da geometria do edifício, para permitir as trocas semânticas em BIM, e cita como exemplo a troca entre um modelo de arquitetura e um modelo para a geração de cronogramas (4D) ou custos (5D).

Mesmo com essa evolução, a comunicação continua a ser assíncrona. Porém, apresenta mudanças na forma de colaboração, eliminando documentos tradicionais. Ainda segundo o autor, o modelo BIM vai evoluindo e substituindo modelos mais simplificados feitos nas fases iniciais do projeto.

- BIM Estágio Três (Integração): Neste estágio, o desenvolvimento está pleno, com modelos compartilhados e atualizados de forma colaborativa ao longo de todo o ciclo de vida da edificação. A integração ocorre por meio de várias tecnologias como “servidores de modelo” ou utilização de “computação em nuvem”.

Esse estágio é caracterizado pela troca interdisciplinar de modelos, o que permite mais análises sobre o desempenho da edificação. O autor conclui afirmando que, do ponto de vista do processo, nesse estágio as trocas síncronas que ocorrem através do modelo BIM ocasionam a superposição do projeto, tendendo a um “processo sem fases”.

- BIM Estágio Quatro (IPD): É a última etapa do estágio de evolução do BIM. No ponto de mais alta maturidade, as relações contratuais se baseiam em colaboração essencial por todos os envolvidos. Os princípios do IPD (*Integrated Project*

*Delivery*) de acordo com o *American\_Institute\_of 2007*( *apud* Mazione, 2013) são: respeito e confiança mútuos; benefícios mútuos e recompensas; inovação e decisões feitas em conjunto; envolvimento de todos os agentes e definição dos objetivos no princípio do processo; planejamento intenso; comunicação aberta; tecnologia adequada; organização; e liderança.

#### 2.9.4 Principais usos e benefícios do BIM no universo da construção civil

Eastman (*et al.*, 2014) categorizam os usos e benefícios do BIM de acordo com as fases do ciclo de vida:

1. **Benefícios na pré-construção para o proprietário:** Antecedendo a etapa de construção, são feitos estudos preliminares que levam à viabilidade (ou não) da continuação do projeto. Para os autores, nesta etapa será possível determinar com relativa certeza se os proprietários podem atingir suas metas dentro do orçamento e cronograma pré-determinados. Neste momento, é elaborado um modelo esquemático antes de gerar o modelo detalhado da construção. Dessa forma, será possível avaliar cuidadosamente se ele atende ou não aos requisitos propostos.
2. **Benefícios no projeto:** Visualização antecipada e mais precisa de um projeto; correções automáticas de baixo nível quando mudanças são feitas no projeto; geração automática de desenhos 2D precisos e consistentes em qualquer etapa do projeto; colaboração antecipada entre múltiplas disciplinas do projeto; verificação facilitada das intenções de projeto; extração de estimativas de custo durante a etapa de projeto; incrementação da eficiência energética e a sustentabilidade.
3. **Benefícios à construção e a fabricação:** s]Sincronização de projeto e planejamento da construção; descoberta de erros e omissões antes da construção; reação rápida a problemas de projeto ou de canteiro; uso do modelo de projeto como base para componentes fabricados; melhor implementação e técnicas de construção enxuta; sincronização da aquisição de materiais com o projeto e a construção.
4. **Benefícios pós-construção (Operação):** Melhorar o gerenciamento e operações das edificações; integração com sistemas de operações e gerenciamento de facilidades.

Abaixo, a figura 21 representa a conceituação:



Figura 21: BIM e o ciclo de vida do edifício  
 Fonte: Manzione 2013, pg. 40

A seguir, é apresentada a Tabela 3 elaborada por Succar (2009 apud Manzione, 2013) com os usos do BIM na fase de projeto, construção e operação.

**Tabela 3 – Usos do BIM**

<b>Projeto</b>	Visualização	Projetos com visualização em 3D Controle de ciclos de revisões Documentação e detalhamento Escaneamento de edifícios com raio <i>laser</i> Fotogrametria Representação realística Realidade virtual Realidade aumentada
	Análise	Verificação de requisitos de normas Estimativa de custo Análises estruturais por elementos finitos Simulação de fogo e fumaça Análises de luminotecnica Levantamentos quantitativos Análises de implantação do terreno Estudos de radiação solar Coordenação espacial e análise de interferências Análise estrutural Análises de sustentabilidade Análises energéticas

		Análises térmicas Estudos do impacto do vento
<b>Construção</b>	Execução	Construtibilidade Construção virtual Segurança do trabalho Especificações da construção Projeto de sistemas construtivos Tecnologias móveis para uso no canteiro Planejamento e controle da produção Licitações e contratações
	Pré-fabricação	Estruturas metálicas Estruturas em concreto pré-moldado
	Aquisição	Coordenação dos suprimentos Preparação de pacotes de compras
<b>Operação</b>	Gerenciamento	Rastreamento dos ativos Manutenção dos ativos Monitoramento de ativos por GPS Gerenciamento dos espaços Gerenciamento de reformas
	Simulação	Gestão dos sistemas Planejamento para situações de emergência Análises do consumo energético Rastreamento da ocupação
<b>Otimização de processos</b>		<i>Lean construction</i> Gestão da cadeia de suprimentos Gestão do conhecimento Análises de valor Melhoria do processo de comunicação

Fonte: Succar (2009 *apud* Manzione, pg. 42, 2013)

### 2.9.5 Integração da gestão de projetos e BIM

Para Adresen, Christensen, Howard (2000) *apud* Nascimento et al. (2003) os sistemas colaborativos voltados para a construção civil surgiram na segunda metade da década de 1990, através de empreendimentos conjuntos de grandes companhias de construção civil, com o objetivo de promover maior produtividade e eficiência no setor.

Eastman (*et al.*, 2014) apontam que em todas as fases do processo de construção, as empresas usam uma variedade de ferramentas e processos para administrar e informar o estágio do empreendimento. Essas ferramentas vão desde sistemas de cronogramas e controle de custos até sistemas de contabilidade, segurança e passando por quase todos os setores da empresa. Algumas ferramentas foram descritas no presente trabalho.

Novaes e Coelho (2008), afirmam que a tecnologia para colaboração pode ser definida entre uma combinação de tecnologias que em conjunto criam uma interface entre duas ou mais pessoas interessadas, proporcionando-lhes participação no processo criativo em que partilham as competências coletivas, expertise, entendimento e conhecimento em uma atmosfera de transparência, honestidade, confiança e respeito mútuo, para atingir a melhor solução encontrada em comum.

Diferente das ferramentas de gestão de projetos em que sua maioria usa-se de formas independentes ou complementares, os sistemas baseados na tecnologia BIM podem ser considerados uma evolução dos sistemas CAD, pois gerenciam a informação no ciclo de vida completo de um empreendimento de construção.

Para Florio (2007 *apud* Novaes e Coelho 2008) “a base de um sistema BIM é o banco de dados que, além de exibir a geometria dos elementos construtivos em três dimensões, armazena seus atributos e, portanto, transmite mais informação do que modelos CAD tradicionais”. Além disso, como os elementos são paramétricos, é possível alterá-los e obter atualizações instantâneas em todo o projeto de formas dinâmicas no modelo gráfico, que refletem em todas as pranchas de desenho associadas, bem como nas tabelas de orçamento, especificações e cronograma. Esse processo estimula a experimentação, diminui conflitos entre elementos construtivos, facilita revisões e aumenta a produtividade.

### 3 CONCLUSÃO

Analisando o cenário atual da construção civil no Brasil, foi possível determinar a grande relevância da aplicação de técnicas e do uso de ferramentas de gestão e planejamento de forma a garantir a redução de custos, evitar o retrabalho e otimizar a produção de modo a assegurar que a redução de postos de trabalhos não tenham efeito direto na qualidade e prazos de entrega das obras.

Desta forma, foram apresentadas as principais ferramentas de gestão utilizadas no planejamento e controle de uma obra demonstrando as vantagens e desvantagens de cada uma considerando os diferentes tipos de obras e objetivos previamente identificados.

Neste sentido, foi possível concluir que os métodos tradicionais, não mostram adequadamente os componentes espaciais relacionados com as atividades, nem fazem conexão direta com o projeto ou o modelo da construção. Como alternativa a esta questão, foi apresentada a plataforma BIM (Building Information Models ou Building Information Modeling) que cria um modelo digital integrado de todas as disciplinas (arquitetura, estrutura, instalações e etc.) integrando de forma eficaz todo o ciclo de vida da edificação, inclusive a operação.

Verificou-se, através da revisão bibliográfica, como a integração dessa tecnologia, alinhada à gestão de projetos, contribuirá para a melhoria dos processos, tanto para a obra, quanto para os empreendedores. Os benefícios com adoção da tecnologia passam pela melhoria da forma de comunicação entre os planejadores e os demais envolvidos na obra, contribuição entre as partes interessadas, logística do canteiro de obras, coordenação de disciplinas, comparação de cronogramas e o melhor acompanhamento da evolução física dos serviços. A colaboração e o compartilhamento das informações de forma eficiente são indispensáveis para o sucesso do empreendimento.

Em suma, por meio das técnicas de gerenciamento de projetos, é possível manter a conexão de toda a obra tornando aceitável sua execução conforme o programado.

Planejar e controlar são atividades essenciais para cumprimento dos prazos, custos e do cronograma e para o sucesso do empreendimento, não só no final, mas passando pela execução até o pós-obra (operação do edifício).

#### 4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRANDLI, L. L., MARTIGNAGO, G., HEINECK, L. F. M., & CRISTIANO, J. C. (2009). **Estratégias de terceirização e subcontratação na construção civil**. Anais, ENEGEP.

CARVALHO, Marly Monteiro de; PATAH, Leandro Alves; **Estruturas de gerenciamento de projetos e competências em equipes de projetos**, 2012. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Marly\\_Carvalho/publication/242411460\\_ESTRUTURAS\\_DE\\_GERENCIAMENTO\\_DE\\_PROJETOS\\_E\\_COMPETENCIAS\\_EM\\_EQUIPES\\_DE\\_PROJETOS/links/00b7d529de5339cc26000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Marly_Carvalho/publication/242411460_ESTRUTURAS_DE_GERENCIAMENTO_DE_PROJETOS_E_COMPETENCIAS_EM_EQUIPES_DE_PROJETOS/links/00b7d529de5339cc26000000.pdf). Acesso 15/10/2016

**Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC Dados)**  
<http://www.cbicdados.com.br/menu/indicadores-economicos-gerais/boletim-estatistico>. Acesso em 14/10/2016.

**Construção e Mercado**, Pini Web. Disponível em: <http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/164/e-na-crise-que-se-cria-338799-1.aspx>. Acesso em 3 de julho de 2016.

CURTO, Hayla. **Como lucrar com a construção civil** <<http://pmkb.com.br/artigo/como-lucrar-com-a-construcao-civil-em-tempos-de-crise/>> Publicado em 27/05/2016; Acesso 19/06/2016.

EASTMAN, Chuck; TELCHOLZ Paul; SACKS Rafael; LISTON Hathleen. **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**: Porto Alegre – Bookman, 2014.

FLORIO, Wilson. **Tecnologia da informação na construção civil: Contribuições do Building Information Modeling no processo de projeto em arquitetura**. Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo: s.n., 2007.

GOLDMAN, Pedrinho; **Introdução ao Planejamento e Controle de Custos na Construção Civil Brasileira** 6. ed. São Paulo: PINI, 2014.

HERNANDES, Fernando Santos. **Análise da importância de planejamento de obras para contratantes e empresas construtoras**, 2002.146 páginas. Dissertação: Mestrado em Engenharia Civil (Construção Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina.

LIMMER, Carl V.; **Planejamento, Orçamentação e Controle de Projetos e Obras** 1. ed. São Paulo: LTC, 1997.

MANZIONE, Leonardo. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão de processo de projeto colaborativo com uso do BIM**. 2013. 325 páginas. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

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

MELHADO, Silvio B.; **Coordenação de Projetos de Edificações** 1. ed. São Paulo: Vida & Consciência, 2005.

MENDES, João Ricardo Barroca; VALLE, André Bittencourt do; FABRA, Marcantônio; **Gerenciamento de Projetos** 4. ed. Rio de Janeiro: FGV, 2010.

NASCIMENTO, L.A.; LAURINDO, F.J.B; SANTOS, E.T. **A Eficácia da TI na indústria da construção civil**. III SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 2003. São Carlos. Anais... São Carlos: UFSCar, 2003.

NOVAES, Celso Carlos; COELHO, Sérgio Salles. **Modelagem de Informações para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil**. 2008. Universidade Federal de São Carlos – São Carlos.

PMI, **Um Guia do Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos** – 5ª. ed., 2013. – (Guia PMBOK).

PRADO, Darci Santos do; **PERT / CPM** 2. ed. Belo Horizonte: INDG Tecnologia e Serviços LTDA, 2014.

QUALHARINI, E.L. **Gestão estratégica na avaliação de planejamento de construção civil**. 1996. Tese (Doutorado) – Coordenação dos programas de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

SANTOS, Alfredo Rodrigues dos. **Gerenciamento com diagramas de rede** – Revista Construção e Mercado, Editora PINI, Edição 128 - Março/2012.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert; **Administração da Produção** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

SOUZA, Ana Lúcia Rocha de; MELHADO, Sílvio Burrattino. **Preparação da execução de obras**. 1ª Ed. São Paulo: O Nome da Rosa, 2005. 144p.

VALLE, Patrícia , **Mercado imobiliário brasileiro passa por um “rolo sem fim”**. Disponível em : <http://exame.abril.com.br/revista-exame/mercado-imobiliario-brasileiro-passa-por-um-rolo-sem-fim/>. Acesso em 24/10/2016.

VARGAS, Ricardo Viana; **Gerenciamento de Projetos: Estabelecendo Diferenciais Competitivos 8**. ed. Rio de Janeiro: Editora S.A., 2016.