

Faculdade Pitágoras
MBA em Gerenciamento de Projetos

VIRGINIA ELSABE KAECHÉLE

GESTÃO DE TEMPO EM GERENCIAMENTO DE PROJETOS:
Ferramentas e técnicas utilizadas para desenvolver cronogramas

Betim
2014

Virginia Elsabe Kaechele

**GESTÃO DE TEMPO EM GERENCIAMENTO DE PROJETOS:
Ferramentas e técnicas utilizadas para desenvolver cronogramas**

Artigo apresentado como requisito para
conclusão do MBA em Gerenciamento de
Projetos da Faculdade Pitágoras, Núcleo
Betim

Orientador: Luiz Claudio de Faria Pimenta

Betim

2014

RESUMO

O desenvolvimento do cronograma consiste em definir e seqüenciar atividades, estabelecendo as datas de início e fim, e estimando os recursos das mesmas. Trata-se de um processo iterativo que deve passar por revisões, modificando as durações das atividades e os recursos estimados, até conseguir chegar a um cronograma de projeto realista e aprovado que servirá como linha de base para medir o real avanço do projeto. Para executar esse processo, o PMBOK sugere algumas ferramentas e técnicas consideradas as mais apropriadas para tal fim. O presente artigo aborda essas ferramentas e técnicas, especificamente a análise de diagramas de rede (PERT), os métodos do caminho crítico (CPM) e da corrente crítica, o nivelamento de recursos e a técnica “e se”, incluindo a simulação de Monte Carlo. O desenvolvimento de um cronograma aproximado da realidade é de extrema importância, pois auxilia o gerente do projeto, melhorando a probabilidade de sucesso do projeto.

Palavras chave: Cronograma, PERT, CPM, corrente crítica, simulação de Monte Carlo.

1 INTRODUÇÃO

Um projeto é um conjunto de atividades inter-relacionadas, que envolvem um grupo de pessoas trabalhando para atingir um objetivo comum num determinado período de tempo. O objetivo da Gestão de Projetos torna-se, então, gerir a restrição tripla de tempo, custo e escopo. Em outras palavras, o desafio é concluir os trabalhos conforme as especificações determinadas pelo cliente, dentro de um orçamento previsto e aprovado, considerando um cronograma definido.

Um cronograma é um gráfico que demonstra o início e o fim de diversas atividades ou fases de um processo, compreendendo faixas de tempo pré-determinadas. Trata-se de uma ferramenta extremamente importante, visto que o tempo é um fator crítico de sucesso, ou seja, um ponto chave que pode determinar o sucesso ou fracasso de um planejamento e, conseqüentemente, de um projeto.

No Gerenciamento de Projetos conforme a metodologia do PMI, seguindo as melhores práticas agrupadas no PMBOK, um projeto conta com cinco grupos de processos: iniciação, planejamento, execução, monitoramento & controle, encerramento. Na etapa de planejamento realiza-se o processo “Desenvolver o Cronograma”, atividade para a qual são utilizadas diversas ferramentas e técnicas, entre elas a análise de diagramas de rede, os métodos do caminho crítico e da corrente crítica, além de nivelamento de recursos e da técnica “e se”.

Este artigo trata das ferramentas e técnicas sugeridas pelo PMBOK para o processo “Desenvolver o Cronograma”, de forma que o projeto seja executado no prazo estabelecido.

2 PROBLEMA DE PESQUISA

Quais são as ferramentas e técnicas utilizadas para desenvolvimento de cronogramas no Gerenciamento de Projetos sugeridas pelo PMBOK?

2.1 Hipótese

Acredita-se que as ferramentas e técnicas sugeridas pelo PMBOK sejam as melhores práticas para desenvolvimento de cronograma, permitindo assim gerenciar o término preciso do projeto.

3 OBJETIVO GERAL

Explicar as ferramentas e técnicas sugeridas pelo PMBOK para desenvolver cronogramas no Gerenciamento de Projetos.

3.1 Objetivos específicos

- Explicar o método da Rede PERT – Program Evaluation and Review Technique
- Explicar o CPM – Método do Caminho Crítico
- Explicar o Método da Corrente Crítica
- Definir o Nivelamento de Recursos
- Conceituar a análise de cenário “e se”

4 JUSTIFICATIVA

O desenvolvimento do cronograma auxilia na determinação das datas de início e término de cada atividade planejada para o projeto. Trata-se de um processo iterativo, pois deve ser revisto diversas vezes, corrigindo as estimativas de duração das atividades conforme os recursos disponíveis, escolhendo a linearidade ou a superposição de tarefas.

Após realizar as mudanças necessárias, o cronograma finalizado e aprovado gera uma linha de base que servirá como guia durante a execução do projeto. Essa linha de base é uma entrada necessária para o processo “Controlar o Cronograma” e fará parte do Plano de Gerenciamento do Projeto.

O resultado de um cronograma irreal, mal planejado, com duração das atividades estimadas de forma errada, pode levar ao fracasso do projeto. Para minimizar possíveis erros, utilizam-se as ferramentas e técnicas sugeridas pelo PMBOK, tidas como as melhores práticas.

Pode-se dizer, então, que o processo “Desenvolver o Cronograma” trata-se de uma atividade de extrema importância para o Gerente de Projetos, pois ele ajudará a ter sucesso ou fracasso, com suas respectivas conseqüências para a organização.

5 METODOLOGIA

Do ponto de vista dos objetivos, a pesquisa será exploratória. Conforme Gil (1999, p.43), “as pesquisas exploratórias têm como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e idéias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores”.

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, a pesquisa será bibliográfica. Segundo Marconi e Lakatos (2009, p.57),

A pesquisa bibliográfica, ou de fontes secundárias, abrange toda a bibliografia já tornada pública em relação ao tema em estudo, [...] Sua finalidade é colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que foi escrito, dito ou filmado sobre determinado assunto ...

Para realizar este trabalho optou-se pela pesquisa exploratória bibliográfica por sua amplitude no alcance de informações, permitindo que dados dispersos em diversas publicações possam ser utilizados, auxiliando na fundamentação teórica do objeto em estudo.

6 REFERENCIAL TEÓRICO

Pode-se definir projeto como um conjunto de atividades inter-relacionadas e coordenadas realizado para atingir um objetivo, considerando um prazo de execução e um orçamento previamente determinados. Em outras palavras, um projeto é um plano de trabalho, com ações sistemáticas, coordenadas entre si, que utiliza os recursos necessários e possíveis visando atingir um objetivo específico dentro de um prazo previsto.

Existem diversos tipos de projetos, nos diversos âmbitos da vida. Pode ser um projeto pessoal ou empresarial, de investimento ou de pesquisa. O importante é que ele surge como uma resposta à concepção de uma idéia que procura achar a solução para um problema.

Para realizar o gerenciamento dos projetos existem diversas metodologias, cada uma com suas peculiaridades. O PMBOK e o Prince2 estão entre as mais utilizadas, mas também estão o Cobit5, Scrum, Kanban, RUP – *Rational Unificated Process* e outras.

6.1. Gerenciamento de Projetos conforme o PMBOK

O PMI – *Project Management Institute* é uma organização internacional, sem fins lucrativos, que associa os profissionais de gerenciamento de projetos. Tem como objetivo gerar padrões e conhecimentos, além de promover a profissão de Gerente de Projetos.

A partir da experiência dos profissionais da área de gestão de projetos, e graças ao seu aporte voluntário, foi criado o PMBOK – *Project Management Body of Knowledge*, o Guia do Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos. Trata-se de uma compilação de “boas práticas” sugeridas para gerenciar projetos.

Conforme o PMBOK (2012, p.5), “um projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo”. Pode-se dizer, então, que se

trata de um procedimento com que busca criar um produto único, que não será repetido, e cujo prazo está claramente estipulado, com data de início e término.

6.2 Gerenciamento de Tempo em Projetos

Dentro do procedimento estabelecido pelo PMBOK na quarta edição, há cinco grupos de processos: de iniciação, de planejamento, de execução, de monitoramento e controle, e de encerramento. Além disso, os processos são divididos por áreas de conhecimento: integração, escopo, tempo, custos, qualidade, recursos humanos, comunicações, riscos e aquisições.

Dentro da área de conhecimento de Gerenciamento de Tempo no projeto, e no Grupo de processos de Planejamento, há cinco atividades: (6.1) Definir as atividades; (6.2) Seqüenciar as atividades; (6.3) Estimar os recursos das atividades; (6.4) Estimar as durações das atividades; (6.5) Desenvolver o Cronograma. A atividade (6.6) Controlar o cronograma está incluída no grupo de processos de Monitoramento e Controle.

6.3 Desenvolver o Cronograma

A equipe de gerenciamento do projeto realiza o planejamento, e define o sistema de gerenciamento do cronograma, escolhendo a metodologia e as ferramentas para elaborar o cronograma (PMBOK, 2012). A metodologia define quais serão as regras utilizadas para elaborar o cronograma, mas como toda atividade, precisa de Entradas, Ferramentas e Técnicas, e Saídas.

Segundo o PMBOK (2012, p.152), "Desenvolver o cronograma é o processo de análise das seqüências das atividades, suas durações, recursos necessários e restrições do cronograma visando criar o cronograma do projeto". Todos esses dados são lançados numa ferramenta ou software de elaboração de cronograma, na qual são determinadas as datas (início e término) e marcos do projeto.

Considerando que os recursos, as durações das atividades e as interdependências entre elas já foram estabelecidas em etapas anteriores, o desenvolvimento do

cronograma visa determinar, de forma exata, a data de início e término de cada atividade.

Para Desenvolver o Cronograma utilizam-se como Entradas algumas saídas de outras atividades: lista das atividades; atributos das atividades; diagramas de rede do cronograma do projeto; requisitos de recursos das atividades; calendários dos recursos; estimativas de duração das atividades; declaração do escopo do projeto; fatores ambientais da empresa; ativos de processos organizacionais (planos, políticas, procedimentos e diretrizes da empresa).

As Saídas desta atividade serão: o cronograma do projeto; a linha de base do cronograma; os dados do cronograma; e as atualizações dos documentos do projeto. Cabe ressaltar que a linha de base será utilizada no processo de monitoramento e controle, especificamente na atividade (6.6) Controlar o cronograma.

6.4 Ferramentas e Técnicas

O PMBOK, na sua quarta edição, estabelece as seguintes ferramentas e técnicas: Análise de rede do cronograma; Método do caminho crítico; Método da corrente crítica; Nivelamento de recursos; Análise de cenário "e se"; Aplicação de antecipações e esperas; Compressão de cronograma; Ferramenta de elaboração de cronograma.

6.4.1 Rede PERT – Program Evaluation and Review Technique

A rede PERT foi desenvolvida pela Marinha dos Estados Unidos para conseguir coordenar o trabalho dos milhares de pessoas envolvidos no projeto do Sistema de Mísseis Polaris. O Escritório de Projetos Especiais da Marinha trabalhou em conjunto com a empresa de consultoria Booz, Allen e Hamilton (KERZNER, 2011).

Em 1957, a Marinha dos EUA estava realizando o Projeto Polaris e enfrentava problemas técnicos e científicos próprios de um projeto com essas características.

Além desses, surgiram outros referentes à coordenação e controle de recursos humanos e materiais, visto que eram mais de 9.000 contratados e diversas agências governamentais trabalhando em conjunto.

Os responsáveis perceberam que as técnicas de planejamento e programação disponíveis naquela época não eram suficientes para um projeto de tamanha magnitude. Basicamente era utilizado o diagrama de redes de Gantt.

Perante a impossibilidade de programar o Polaris utilizando o diagrama de Gantt, a Marinha decidiu desenvolver uma solução mais completa que permitisse executar projetos de grande porte. O projeto de desenvolvimento foi denominado PERT - *Program Evaluation and Research Task*, e permitiu, inicialmente, que o prazo de cinco anos fosse feito em apenas três. Posteriormente o nome foi modificado para PERT - *Program Evaluation and Review Technique*, e passou a ser utilizado em outras áreas, como montagem de foguetes (NASA), construção civil, etc.

A rede PERT é uma técnica que permite orientar a programação do projeto. O método consiste na representação gráfica de uma rede de tarefas que, quando colocadas em seqüência lógica, permite atingir os objetivos do projeto. O método consiste em organizar diversas tarefas sob a forma de uma rede, seguindo a dependência e a cronologia das atividades e dos eventos.

Kerzner (2011, p.316) define PERT como "uma ferramenta de planejamento e controle gerencial. Ela pode ser considerada um roteiro para um determinado programa ou projeto em que todos os principais elementos (eventos) tenham sido completamente identificados juntamente com as suas inter-relações correspondentes".

Stonner (2001, p.55) apresenta o seguinte conceito de PERT: "Técnica de representação do plano de execução de um projeto ou empreendimento, por meio de um diagrama, que mostra as inter-relações entre as diversas, além de informações relativas ao prazo e recursos de cada tarefa".

O método consiste na representação gráfica de uma rede de atividades que, quando interligadas, permitem ver sua dependência e cronologia.

Os principais elementos de uma rede PERT são:

- a) As atividades, que são representadas por setas. Elas mostram o desenvolvimento, no tempo, de uma determinada operação. Sobre as setas está indicada a operação a ser realizada e o tempo de duração da mesma.
As atividades podem ser sucessivas (quando são desenvolvidas umas após as outras, separadas por eventos), simultâneas (quando várias atividades são realizadas ao mesmo tempo, podendo iniciar em um mesmo evento) ou convergentes (quando várias atividades terminam em um mesmo evento).
- b) As atividades fantasmas, representadas por setas pontilhadas, que são atividades artificiais, ou seja, não consomem recursos nem precisam de tempo.
- c) Os eventos, que determinam o início e o fim de cada atividade. Obviamente, o evento inicial não tem predecessor, e o final não é predecessor de nenhum outro. A representação gráfica é realizada por círculos (às vezes são utilizados quadrados).

Existem três tipos de inter-relações ou dependências: (a) obrigatórias (*hard logic*), que não podem mudar; (b) arbitradas (*soft logic*), que são definidas a critério do gerente do projeto; (c) externas, que estão fora do controle do gerente do projeto. (KERZNER, 2011, p.318)

Segundo Cleland e Ireland (2002) apud Nascimento (2007, p.254), a PERT é "uma metodologia semelhante ao CPM, que usa três estimativas para calcular o caminho de tempo mais longo."

O diagrama PERT é, então, uma representação gráfica que permite obter a seqüência planejada para execução de cada atividade, além de calcular os tempos do projeto. São utilizadas três durações para cada atividade: otimista (a duração mais curta possível na qual é provável terminar uma atividade, considerando que

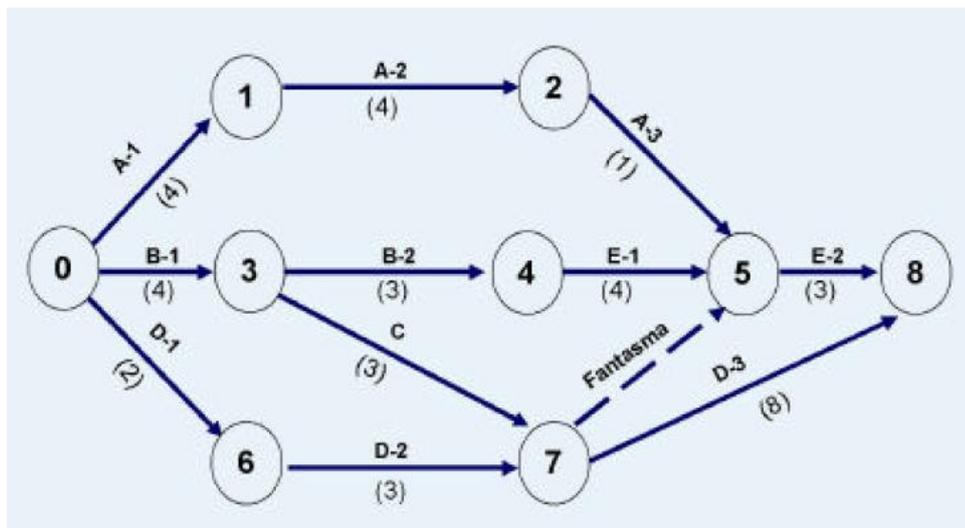
tudo der certo); pessimista (a duração máxima na qual é provável que a atividade seja terminada, considerando as condições mais desfavoráveis); mais provável (a duração que provavelmente vai acontecer em circunstâncias normais, sem grandes surpresas boas ou ruins).

A fórmula utilizada para cálculo é:

$$PERT = \frac{Pessimista + 4 \times Mais\ provável + Otimista}{6}$$

A combinação das três durações prováveis proporciona um grande diferencial, visto que diminui a incerteza e os riscos associados a uma determinada atividade.

Figura 1 - Rede PERT



Fonte: Moder, Phillips e Davis (1983) apud Nascimento (2001, p.160)

Existem algumas regras que devem ser seguidas para realizar uma rede PERT:

- Toda rede de atividades começa com um evento inicial e termina com um evento final, que no caso do projeto seria o encerramento.
- Toda atividade deve esta representada somente por uma seta, não podendo ser dividida em pacotes ou atividades menores.
- As primeiras atividades que devem ser lançadas na rede são aquelas que não têm precedência.
- Deve ser avaliado o nível de prioridade das atividades: primeiro devem ser lançadas as atividades que têm somente uma predecessora e que pode ser

lançada na rede. Depois devem ser lançadas as que têm duas atividades predecessoras, e assim por diante.

- Duas atividades não podem ser identificadas com os mesmos eventos (inicial e final). Para evitar essa situação são utilizadas atividades fantasmas.
- O comprimento das setas não precisa ser proporcional à duração das atividades.
- Nenhuma atividade precede o evento inicial, mas ele precede uma ou várias atividades. No caso do evento final, ele não será predecessor de nenhuma atividade.
- Depois de construir a rede inicial, é necessário analisá-la e simplificá-la, de forma que se tenham o mínimo possível de conexões.
- Deve ser evitado, sempre, o cruzamento de setas.
- A numeração dos eventos deve ser realizada após construir o diagrama, sempre observando que: (a) o número do evento inicial sempre é inferior ao número do evento final; (b) a seqüência a ser seguida é da esquerda para a direita e de cima para baixo.

Do ponto de vista da administração, a principal vantagem da PERT é ajudar no planejamento, além de fornecer à administração um método para manter em dia o planejamento, permitindo fazer as mudanças necessárias conforme os acontecimentos. Os desvios são facilmente visualizados, permitindo tomar as medidas corretivas antes que os fatos aconteçam. Sendo assim, Kerzner (2011) destaca o planejamento abrangente da rede PERT.

Com este método é possível saber o tempo necessário para executar uma atividade, conhecendo a data de início e término. Dessa forma é possível coordenar todas as atividades e os recursos, tendo o menor investimento de tempo e custo. Permite determinar a probabilidade de cumprimento dos prazos.

A rede PERT, por ser flexível, permite que sejam realizadas simulações que levem à escolha da melhor combinação de recursos e tempo, implicando também em custos, permitindo visualizar planos alternativos. Segundo Kerzner (2011, p.314), uma das vantagens é "a capacidade de avaliar o efeito de mudanças no programa".

A PERT é geralmente utilizada para determinar a probabilidade de cumprir com as datas de entrega especificadas, mas serve também para determinar gargalos ou avaliar o efeito de determinadas mudanças no projeto.

Permite, também, que uma grande quantidade de dados seja apresentada de forma organizada, através de um diagrama de fácil visualização.

Tal vez a principal desvantagem deste método esteja na determinação da duração das atividades, visto que depende da experiência prévia dos gestores e do pessoal especializado. Em projetos novos ou diferentes de outros realizados anteriormente, a estimativa de prazo para realização das atividades pode não estar próxima da realidade.

A exigência de grande volume de dados torna esta técnica complexa, além de ser cara para implantar e manter, sendo, portanto, utilizada em grandes obras (KERZNER, 2011).

As críticas citadas por Kerzner (2011, p.315) incluem "uso intensivo do tempo e trabalho; redução da capacidade de tomada de decisão; ausência de prioridade funcional nas estimativas; ausência de dados históricos para estimativas de tempo e custos; considera que os recursos são ilimitados; exige muito detalhamento".

6.4.2 CPM – Método do Caminho Crítico

Trata-se de uma técnica desenvolvida no final da década de 1950 pela DuPont em conjunto com a Remington Rand. O objetivo original era balancear o prazo de execução e os custos diretos e indiretos, de forma que o custo total do projeto fosse minimizado.

A técnica é similar à Rede PERT, porém sua utilização está concentrada na construção civil e nos processos, ou seja, em projetos que sofrem pequenas variações, onde há uma vasta experiência prévia que permite realizar estimativas relativamente precisas de prazos e recursos.

Segundo Viana Vargas (2009, p.179), o caminho crítico "é constituído pelas atividades mais importantes do projeto [...] também é definido como a menor folga de tempo possível (usualmente zero) e determina a duração do projeto".

Kerzner (2011, p.315) cita que o caminho crítico "é o caminho mais longo através da rede e determina a duração do projeto. É também o mais curto espaço de tempo necessário para concluir o projeto".

Conforme o PMBOK (2012), este método calcula as datas teóricas de início e término mais cedo e mais tarde de cada atividade, sem levar em consideração a disponibilidade de recursos. Para isso realiza uma análise indo (cálculo progressivo) e voltando (cálculo regressivo) pelos dos caminhos da rede. Desta forma é possível ter uma noção dos períodos em que uma determinada atividade pode ser alocada sem atrasar a conclusão do projeto.

Uma das funções mais importantes do CPM é identificar um ou vários caminhos críticos ao longo da rede. O objetivo é determinar o prazo mínimo (mais cedo) para conclusão do projeto e as atividades que estão nesse caminho. O caminho mais longo da rede para conclusão do projeto é o caminho crítico. As atividades relacionadas no caminho crítico são denominadas atividades críticas, e qualquer atraso nelas significa um atraso no projeto.

Uma situação que pode acontecer é a existência de folga positiva. Isso ocorre quando a data determinada pela empresa para conclusão do projeto é posterior à data determinada através do cálculo progressivo. Quando acontece o inverso, ou seja, a data imposta para término é anterior à data calculada no caminho de ida, há uma folga negativa. Nesse caso a duração de cada atividade deve ser revisada, visando obter uma estimativa mais real.

Segundo Anderson, Sweeney e Williams (2003), citados por Nascimento (2007), o primeiro passo para utilizar o caminho crítico é o desenvolvimento de uma lista de todas as atividades que integram o escopo do projeto. Depois é necessário determinar quais são os predecessores de cada atividade do projeto. O terceiro passo consiste em estimar qual será a duração de cada atividade. Tendo esses

dados, o próximo passo é realizar a rede do projeto, colocando cada atividade e suas predecessoras. O quinto passo consiste em identificar o início e o término mais cedo (caminho de ida) de cada atividade, determinando assim o tempo total requerido para concluir o projeto. O mesmo procedimento será realizado para o início e o término mais tarde (caminho de volta). A folga existente para cada atividade é determinada calculando a diferença entre o mais cedo e o mais tarde. Todas as atividades que têm folga zero são consideradas atividades críticas.

Mesmo tratando-se de técnicas similares, existem diferenças entre PERT e CPM (KERZNER, 2011). A PERT trabalha com três estimativas de tempo, denominadas otimista, pessimista e mais provável, e delas obtém um tempo esperado, entanto que o CPM utiliza apenas uma, que representa o tempo normal, tornando-o mais preciso no quesito estimativa de tempo. Além disso, a PERT é utilizada em projetos de pesquisa e desenvolvimento, com alta variabilidade no cálculo de duração de uma atividade, sendo quase impossível determinar o percentual concluído do projeto; por outro lado, o CPM é utilizado em projetos de construção, e dependem de recursos e estimativas de tempo exatas, sendo, portanto, possível determinar com precisão o percentual concluído.

Entre os pontos em comum, destaca-se que em ambas técnicas permitem o uso de atividades fantasmas para desenvolver o caminho mais lógico

6.4.3 Método da Corrente Crítica

De acordo com Leach (2000), citado por Nascimento (2007), uma expressiva quantidade de projetos, aproximadamente 30%, são cancelados antes da sua conclusão, levando a um grande desperdício de tempo, dinheiro e esforço. Outra parte consegue entregar os projetos, mas raramente cumprem com a tripla restrição: prazo, custo e qualidade.

Goldratt (1998) observou que a principal causa de problemas no projeto advém do atraso nos prazos estabelecidos e não do custo. Segundo ele, as empresas estão tão focadas em economizar, em reduzir os orçamentos, que esquecem da qualidade, prejudicando o desempenho do projeto.

Geralmente as empresas executam mais de um projeto ao mesmo tempo, e se deparam com recursos escassos, devendo escolher qual projeto priorizar. A corrente crítica é uma metodologia que procura concluir o projeto no menor tempo possível e assim permitir que mais projetos sejam realizados pela empresa sem necessidade de agregar mais recursos.

A corrente crítica trata-se de uma "técnica de análise de rede do cronograma que modifica o cronograma do projeto para que se leve em conta a limitação de recursos" (PMBOK, 2012, p, 155)

Kerzner (2011, p.338) define corrente crítica como "a maior cadeia de eventos dependentes onde a dependência está relacionada ou a tarefas ou a recursos". Isso pressupondo que quanto maior a corrente, maior será o impacto negativo que a mesma poderá ter no projeto.

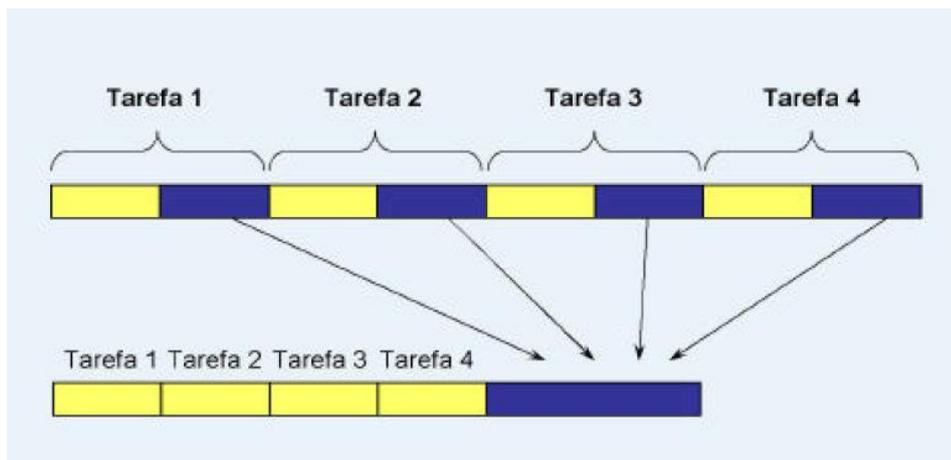
Visando reduzir a taxa de "fracasso", ao realizar um planejamento as pessoas consideram a pior experiência que já tiveram, e dessa forma acrescentam uma margem de segurança como forma de proteção, mas não informam ou esclarecem a percentagem embutida em cada atividade específica (GOLDRATT, 1998).

A percentagem de contingência é utilizada normalmente devido às grandes penalidades aplicadas em caso de atraso. Por outro lado, quando uma atividade é concluída antes da data prevista, não é outorgado nenhum prêmio. Sendo assim, opta-se por inserir uma proteção em cada atividade. Porém, os planejadores esquecem de considerar que uma atividade sucessora nem sempre poderá começar quando a antecessora terminar, ou seja, antes da data estipulada. Isso acontece porque, normalmente, os recursos são alocados para outros projetos ou outras atividade, portanto, e nesses casos a margem de segurança transformou-se em desperdício.

Goldratt (1998), tendo como base a Teoria das Restrições, desenvolveu o método da corrente crítica, no qual elimina o acréscimo de recursos adicionado a cada atividade e propõe um acréscimo de segurança no final do caminho crítico (denominado "pulmão do projeto").

O uso do "pulmão do projeto" tem duas vantagens principais: reduz o prazo de execução do projeto e reduz também a probabilidade de exceder o caminho crítico.

Figura 2 - Concentração de "pulmões" no final do projeto

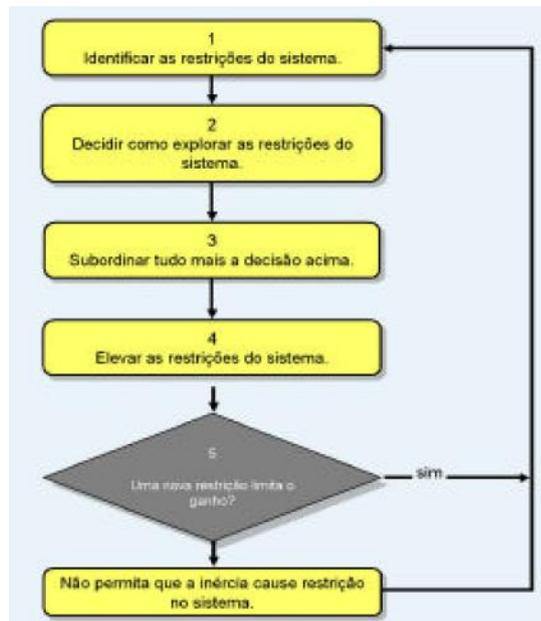


Fonte: Leach (2000) apud Nascimento (2007, p.274)

Para utilizar o método da corrente crítica, segundo Goldratt (1998), é necessário seguir os seguintes cinco passos:

1. Identificar qual é o problema ou restrição, pois ele é o elo mais fraco da corrente;
2. Definir como a restrição do sistema será explorada, ou seja, decidir o que será mudado para poder eliminar o conflito;
3. Submeter ou subordinar tudo à decisão tomada no passo anterior, pois é aqui que começa a mudança;
4. Elevar a restrição do sistema, ou seja, implementar a mudança;
5. Caso alguma restrição for quebrada no item anterior, é necessário voltar ao passo 1. O importante é sempre estar focado na restrição em análise.

Figura 3 - Passos para utilizar o método da corrente crítica



Fonte: Leach (2000) apud Nascimento (2007, p.269)

Para o PMI devem ser seguidos oito passos: (1) construir o diagrama utilizando estimativas de tempo não conservadoras; (2) calcular o caminho crítico; (3) inserir os recursos e considerar as limitações; (4) recalculer o caminho crítico; (5) determinar os pulmões ou buffers do projeto; (6) inserir os pulmões no projeto; (7) criar a programação considerando as datas de início e término mais tarde; (8) gerir a duração dos pulmões e dos recursos.

6.4.4 Nivelamento de Recursos

O nivelamento de recursos ou *Resource levelling*, é uma técnica utilizada para evitar picos de utilização de recursos, visando distribuir-los melhor ao longo do tempo.

Kerzner (2011, p. 322) explica que "o nivelamento de recursos é uma tentativa de eliminar os altos e baixos de mão de obra, suavizando os requisitos de recursos período a período".

Esta técnica é aplicada a um modelo de cronograma já analisado pelo método do caminho crítico. O objetivo é abordar situações em que os recursos estejam

disponíveis em determinados períodos ou quantidades, ou quando devem ser atendidas datas pré-determinadas de atividades.

Geralmente a mudança necessária requer a realização de um replanejamento, retirando os recursos de atividades não críticas e colocando-os em outras que são críticas. Como o nivelamento pode aumentar o prazo de execução do projeto, as análises de custos e prazos devem ser realizadas antes de aplicar este método.

Isso significa que o nivelamento de recursos pode modificar o caminho crítico original, resultando em uma duração mais longa que a calculada anteriormente para o projeto. Além de realocar recursos, pode ser considerado o uso de horas extras, trabalho em dois ou três turnos ou o aumento da produtividade visando reduzir a duração das atividades críticas.

Conforme Pinto (2007, p. 19), "a técnica de nivelamento de recursos produz um cronograma limitado por recursos, às vezes chamado de cronograma restrito por recursos, com datas de início e de término agendadas."

Para poder realizar o nivelamento é necessário determinar quais são os recursos mais importantes, e quais são os limites críticos de prazo e custo. Dessa forma pode-se avaliar a demanda e a disponibilidade dos recursos, ficando em evidência as situações de conflito.

Segundo Akkari (2009), para definir qual é a abordagem mais apropriada para enfrentar um determinado conflito, é necessário verificar a "disponibilidade dos recursos, escassez relativa entre recursos, condições de uso extraordinário [...] possibilidade de uso de recursos alternativos, duração aceitável para o prazo de execução, atividades que podem ser desdobradas, [...], possibilidade de re-arranjo na prioridade das atividades". (AKKARI, 2009, p.49)

O nivelamento pode acontecer por restrição de prazo ou de recursos. Se o prazo for o determinante, a data calculada pelo CPM para término se mantém fixa. Sendo assim, os conflitos serão resolvidos mudando as datas de atividades não críticas de forma que não coincidam com as críticas.

Quando há restrição de recursos, o prazo final pode ser mudado, mas sempre pensando em terminar o mais cedo possível. A seqüência de atividades deverá ser mudada, mas sempre respeitando as precedências e procurando não alterar a estratégia adotada.

Akkari (2009) sugere utilizar regras heurísticas de priorização das atividades a partir do prazo de duração de cada uma delas. "Uma regra heurística consiste na aplicação de um processo, o qual deve ser simples, fácil de usar e capaz de reduzir o esforço necessário para atingir determinada solução". (MODER et al, 1995, apud AKKARI, 2009, p.50)

Há dois métodos de programação utilizados para a alocação de recursos de forma heurística: (a) em série, na qual as atividades seguem uma ordem de prioridade, sempre iniciando o mais cedo possível ou atrasando até que haja disponibilidade de recursos; (b) em paralelo, agrupando todas as atividades a serem realizadas em um determinado período, e determinando a prioridade dentro desse grupo. Nesse último caso, quando uma atividade não pode ser realizada, passa para o grupo seguinte.

6.4.5 Análise de cenário "E SE",

De acordo com Pinto (2007), esta análise visa responder à pergunta "e se a situação representada pelo cenário X ocorrer?". O resultado é utilizado para avaliar a probabilidade de cumprir o cronograma ou para preparar planos de contingência, entre outros.

A técnica mais utilizada é a Simulação de Monte Carlo. Trata-se de uma técnica matemática que permite levar em consideração o risco nas análises quantitativas e nas tomadas de decisões. Ela oferece ao gerente de projetos uma série de possíveis resultados, assim como a probabilidade ocorrência de determinados acontecimentos; mostra a medida mais arriscada e a mais conservadora, além das possíveis conseqüências caso tomar as decisões intermediárias.

Esta simulação realiza a análise do risco com a criação de modelos de possíveis resultados através da substituição de uma faixa de valores - uma distribuição de probabilidade - para qualquer fator com incerteza inerente. Depois calcula os resultados uma e outra vez utilizando um grupo diferente de valores aleatórios das funções de probabilidade. Dependendo do número de incertezas das faixas especificadas, são realizados milhares de cálculos, a partir dos quais são produzidas distribuições de valores dos possíveis resultados.

O nome da técnica provém do conhecido Cassino de Montecarlo, no Principado de Mônaco. Um dos principais jogos é a roleta, que não passa de um simples gerador de números aleatórios. Em 1944, a técnica começou a ser utilizada para auxiliar no trabalho de desenvolvimento da bomba atômica, nos Estados Unidos. O trabalho precisava da simulação de problemas probabilísticos de hidrodinâmica relacionados à difusão de nêutrons no material de fissão, e tal comportamento era totalmente aleatório.

A primeira etapa da técnica foi desenvolvida em 1944 por John von Neumann y Stanislaw Ulam, porém foi em 1948 que Harris e Herman Kahn aperfeiçoaram a técnica.

De acordo com Galvão (2005) os projetos sempre têm riscos associados, visto que as decisões muitas vezes são tomadas sem ter todos os dados necessários, sem informações completas. Sendo assim, o primeiro passo é realizar o Plano de Gerenciamento de Riscos, no qual estarão identificados e registrados todos os riscos positivos ou negativos, que serão analisados quantitativa e qualitativamente.

A análise de risco qualitativa geralmente inclui a avaliação instintiva de uma situação. Nela são avaliadas as probabilidades de ocorrência de um risco identificado e seu impacto. Já a análise quantitativa outorga valores numéricos aos riscos de maior relevância (aqueles com maior probabilidade de ocorrência e maior impacto), utilizando dados empíricos ou quantificando avaliações qualitativas. (GALVÃO, 2005).

Utilizando distribuições de probabilidade, as variáveis podem gerar diferentes probabilidades de serem produzidos diferentes resultados, além de ser uma forma mais realista de descrever a incerteza nas variáveis de uma análise de risco.

A partir do Plano de Gerenciamento de Riscos elabora-se um Plano de Resposta aos Riscos, de forma que os riscos positivos sejam aproveitados e os negativos. Por último é feito o Monitoramento e Controle, que permitem identificar novos riscos, além de avaliar o resultado das ações.

Em uma simulação de Monte Carlo, os valores de amostra são colhidos aleatoriamente a partir das distribuições de probabilidade induzidas. Isso acontece milhares de vezes e o resultado é uma distribuição de probabilidade dos possíveis resultados. Dessa forma a simulação de Monte Carlo proporciona uma visão muito mais completa do que pode acontecer e a probabilidade de que aconteça.

As vantagens da simulação de Monte Carlo são: (a) os resultados são probabilísticos, mostrando o que pode acontecer e a probabilidade de que aconteça; (b) é uma representação gráfica, que facilita o entendimento por parte dos *stakeholders*; (c) facilita a análise de sensibilidade, ou seja, permite visualizar quais variáveis têm maior influência sobre os resultados; (d) permite a análise de cenário, visto que os analistas podem ver exatamente os valores de cada variável quando certos resultados são produzidos; (e) é possível estabelecer uma correlação das variáveis de entrada, permitindo modelar relações interdependentes entre essas variáveis.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em este artigo foram abordadas as ferramentas e técnicas sugeridas pelo PMBOK para o item 6.5 - Desenvolver o cronograma, especificamente a análise de diagramas de rede, os métodos do caminho crítico (CPM) e da corrente crítica, o nivelamento de recursos e a técnica “e se”, com a simulação de Monte Carlo.

O ponto de partida deste trabalho foi a hipótese de que as ferramentas e técnicas sugeridas pelo PMBOK são as melhores práticas para desenvolvimento de cronograma, permitindo assim gerenciar o término preciso do projeto.

Foi possível verificar que essas técnicas e métodos, são extremamente úteis e realmente necessárias para desenvolver o cronograma, visto que permitem definir o caminho crítico, as atividades críticas, nivelar os recursos e verificar possíveis cenários.

Também foi constatado que as técnicas e métodos citados devem ser utilizados em conjunto, um complementando o outro. Dessa forma o gerente de projetos conseguirá desenvolver um cronograma que esteja perto da realidade e que, portanto, contribua para o sucesso do projeto. Cabe ressaltar que uma das saídas deste processo é o próprio cronograma do projeto.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKKARI, Avla Maria Proência. **Proposição de um método de nivelamento de recursos a partir da Teoria das Restrições para o planejamento operacional.** Tese de doutorado apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2009.

GALVÃO, Márcio. **Análise quantitativa de riscos com simulação de Monte Carlo.** Editora Mundo Ltda. 2005.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social.** 5ª ed – São Paulo: Atlas, 1999.

GOLDRATT, Eliyahu M. **Corrente crítica.** São Paulo: Nobel, 1998.

KERZNER, Harold. **Gerenciamento de projetos: uma abordagem istêmica para planejamento, programação e controle.** São Paulo: Editora Blucher, 2011.

MARCONI, Marina de Andrade. LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados.** 7ª ed – São Paulo: Atlas, 2009.

NASCIMENTO, Carlos Augusto Dornellas do. **Gerenciamento de prazos: uma revisão crítica das técnicas de uso em empreendimentos em regime de EPC.** Dissertação de mestrado apresentada à Escola Politécnicas da Universidade de São Paulo. 2007.

PINTO, Daniel Arêas da Silva. **Análise da aplicação da lógica da Teoria das Restrições no gerenciamento de projetos de implementação de Sistemas de Gestão da Qualidade.** Monografia apresentada à Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2007.

STONNER, Rodolfo. **Ferramentas de Planejamento: utilizando o MS Project para gerenciar empreendimentos.** Rio de Janeiro: E-papers. 2001.

UM GUIA do conhecimento em gerenciamento de projetos: guia PMBOK. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2012. xxvi, 459 p. ISBN 9788502162679

VIANA VARGAS, Ricardo. **Gerenciamento de projetos: estabelecendo diferenciais competitivos,** 7a. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2009