

APLICAÇÃO DA SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO EM REDES PERT/CPM: UMA PROPOSTA PARA A GESTÃO DE PROJETOS EM CONDIÇÕES DE INCERTEZA

ADRIANA WIERZBA (FATEC – FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BRAGANÇA
PAULISTA) adriana.wierzba@fatec.sp.gov.br

Orientadora

DÉRCIA ANTUNES DE SOUZA (FATEC – FACULDADE DE TECNOLOGIA DE
BRAGANÇA PAULISTA) dercia.antunes@fatec.sp.gov.br

RESUMO

No ambiente da gestão de projetos, quando se trata de condições de incertezas com relação aos tempos de execução das atividades, certas ferramentas, como o PERT/CPM e o método da estimativa de três cenários, aproximada à Distribuição Normal, têm se mostrado relativamente eficientes. Porém, com o objetivo de aprimorar os resultados, este trabalho apresenta o PERT/CPM combinado ao método da Simulação de Monte Carlo, como alternativa, mostrando suas vantagens e desvantagem e destacando um dos recursos computacionais mais utilizados atualmente.

PALAVRAS-CHAVE: PERT/CPM; Simulação de Monte Carlo; Gestão de Projetos; Incerteza.

ABSTRACT

In the project management environment, when it comes to conditions of uncertainty regarding activity times, certain tools, such as PERT/CPM and the three-scenario estimation method, approximated to the Normal Distribution, have proven to be relatively efficient. However, with the aim of improving the results, this work presents PERT/CPM combined with the Monte Carlo Simulation method, as an alternative, showing its advantages and disadvantages and highlighting the computational resources currently available.

Keywords: PERT/CPM; Monte Carlo simulation; Project management; Uncertainty

1. INTRODUÇÃO

A Gestão de Projetos, vem crescendo nos últimos anos como ciência e uma nova oportunidade de carreira para administradores, engenheiros e gestores de uma forma geral.

Nesse ambiente, quando se trata de condições de incertezas com relação aos tempos das atividades dos projetos, certas ferramentas, como o PERT/CPM e o método da estimativa de três cenários, aproximada à Distribuição Normal, têm se mostrado relativamente eficientes, mas apresenta certas imprecisões que podem ser corrigidas por métodos mais eficientes.

Nesse contexto, com o objetivo de aprimorar as análises de projetos sujeitos a incertezas, este trabalho apresenta o PERT/CPM combinado ao método da Simulação de Monte Carlo, como alternativa às técnicas anteriores, mostrando suas vantagens e desvantagem e destacando os recursos computacionais disponíveis atualmente e enfatizando o software Palisade @Risk.

Considerando os aspectos metodológicos, no caso em questão, o método PERT/CPM é modelado no Software Excel e as variáveis aleatórias, no caso triangulares, atribuídas na aplicação do @Risk, sendo então calculada a distribuição de probabilidade do prazo de conclusão do projeto e assim realizadas as análises necessárias utilizando os próprios recursos dos softwares.

2. EMBASAMENTO TEÓRICO

Este tópico, é subdividido em dois subtópicos, o primeiro trata do PERT/CPM e suas variações e Caminhos Críticos, o segundo trata da Simulação de Monte Carlo e do Software Palisade @Risk, conceitos que embasam todo o desenvolvimento do trabalho.

2.1 O PERT/CPM

PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) é uma ferramenta usada no gerenciamento de projetos. Sendo uma técnica que permite gerir o planejamento e acompanhamento de um projeto. A representação de um processo através de flechas e nós permite visualizar o projeto de uma maneira ampla e de maior entendimento. É flagrante a interdisciplinaridade que a ferramenta PERT/CPM interpõe. (Silva, 2008).

O método PERT consiste em conceber, sob a forma de representação gráfica, uma rede de atividades cuja correlação permite obter os objetivos de um projeto. Relacionando as dependências entre tarefas com seus respectivos tempos de duração. Um dos benefícios é a possibilidade de detectar caminho críticos do sistema, ou seja, um subconjunto de atividades que geram o tempo mínimo para o término de todas as tarefas.

Caminho crítico (CPM - *Critical Path Method*) é um termo criado para indicar um conjunto de tarefas conectadas a uma ou mais tarefas que não têm margem de atraso.

O método PERT/CPM traz grandes vantagens para o gerenciamento de projetos, pois auxilia no planejamento, programação, coordenação e controle do projeto, evitando ou minimizando o risco dos efeitos advindos de uma ocorrência inesperada ou acidental durante a execução do projeto. Cukierman (2000) define o caminho crítico de um projeto como a sequência das atividades que determina a duração do projeto, e as atividades que compõem o caminho crítico são denominadas atividades críticas. Caso ocorra algum atraso em alguma das atividades críticas, todo o projeto atrasará (Martins; Laugeni, 2006).

Os conceitos básicos necessários para se trabalhar com o método Pert/Cpm, são:

- Evento: são pontos no tempo quando se toma uma decisão. Nesses pontos não é necessário trabalho.

- Atividade: É a efetivação de uma tarefa, na qual se consome recursos e tempo. As atividades podem ser:

- 1) paralelas, ou seja, atividades que acontecem simultaneamente entre dois eventos;
- 2) dependente, ou seja, para que a atividade seja alcançada, esta depende da execução de outra anteriormente;
- 3) independente, ou seja, não depende totalmente das atividades que chegam ao nó de onde ela partiu;
- 4) fantasmas ou fictícias, no caso do PERT/CPM com atividade na seta, e pode existir uma única atividade entre dois acontecimentos sucessivos, e para evitar este problema, há o artifício de se utiliza-se as atividades fictícias que não consomem tempo nem recursos;
- 5) condicionantes, ou seja, atividades que podem ser executadas somente sob determinadas condições ou tempo pré-estabelecido.

As estimativas de Tempo da Rede Pert Probabilística para a constituição da rede PERT são:

- Tempo otimista: menor tempo admissível no qual a atividade possa ser executada. Ou seja, o tempo indispensável para completar o trabalho, caso tudo ocorra melhor do que o esperado;

- Tempo mais provável: cálculo de tempo mais exata possível. Significaria, então, o tempo gasto se tudo ocorrer de maneira satisfatória;

- Tempo pessimista: máximo de tempo indispensável para a execução da atividade. Nesta estimativa de tempo seriam considerados os fatores adversos;

- Folga: avaliação de excesso de tempo disponível para a realização do evento obtido pela diferença entre o último tempo permissível e o tempo esperado;

- Caminho crítico: é o caminho na rede PERT que possui folga zero.

No diagrama da Figura 1 as siglas apresentadas representam os seguintes momentos: PDI (Primeira Data de Início), UDI (Última Data de Início), PDT (Primeira Data de Término) e UDT (Última Data de Término).

Figura 1 – Formato do Diagrama PERT/CPM AoN



Fonte: Prado (2004).

2.2 O Método da Simulação de Monte Carlo

De acordo com Evans e Olson (1998) a simulação de Monte Carlo é basicamente um experimento amostral cujo objetivo é estimar a distribuição de resultados possíveis da variável de interesse (variável de saída), com base em uma ou mais variáveis de entrada, que se comportam de forma probabilística de acordo com alguma distribuição estipulada.

Na visão de Law e Kelton (2000), a simulação de Monte Carlo é uma abordagem que emprega a utilização de números aleatórios para resolver certos problemas estocásticos, em que a passagem do tempo não possui um papel relevante.

Segundo Evans e Olson (1998), a simulação de Monte Carlo é um processo de amostragem cujo objetivo é permitir a observação do desempenho de uma variável de interesse em razão do comportamento de variáveis que carregam elementos de incerteza.

Segundo Sanches *et al* (2007), geralmente, quando as incertezas são inseridas nos modelos, fica exposta a grande fragilidade de certos métodos determinísticos. A simulação de Monte Carlo se apresenta como um método poderoso na análise de incertezas, porém apresenta como limitação, a necessidade de um modelo matemático pré-definido para determinação das regras de associação e operação das variáveis aleatórias envolvidas.

A avaliação de risco na Simulação de Monte Carlo é uma técnica de amostragem artificial usada para manipular numericamente sistemas complexos com componentes aleatórios. O resultado gera uma distribuição de probabilidade dos componentes selecionados e através de uma análise de risco, é possível avaliar o planejamento antes da implantação. O método de Monte Carlo (ou experimentos de Monte Carlo) é formado por uma ampla classe de algoritmos computacionais que dependem de amostragem aleatória repetida para obter a distribuição de probabilidade das respostas.

3. DESENVOLVIMENTO DA TEMÁTICA

No estudo realizado, o foco consiste no método de pesquisa e não no objeto/projeto em questão. Portanto o problema é apresentado de forma simplificada, representando as atividades e dependência por letras maiúsculas e os tempos de execução nas colunas representadas por letras minúsculas.

O problema consiste em determinar, não o tempo mínimo de conclusão do projeto, mas sim, determinar a probabilidade de término até determinado momento. No caso em questão, deseja-se determinar qual a probabilidade de término do projeto em até 20 dias (u.t.).

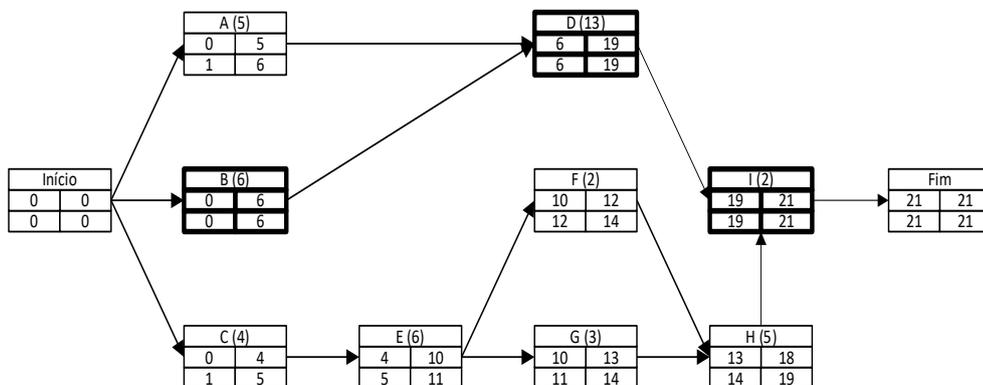
Tabela 1 – Diagrama de Dependências e Tempos

Ativ	Dep	a	m	b
A	-	4	5	7
B	-	5	6	8
C	-	3	4	6
D	A-B	12	13	15
E	C	5	6	8
F	E	1	2	4
G	E	2	3	5
H	F-G	4	5	7
I	D-H	1	2	4

Fonte: Os autores.

Inicialmente, faz-se necessário o diagrama de rede PERT/CPM (*AoN* – atividade representada no nó), para auxílio na lógica a ser montada no Excel. Nessa lógica o tempo total de execução do projeto fica condicionado aos valores e variações dos tempos individuais de cada atividade, assim, conforme a simulação de Monte Carlo provoca variações nos tempos das atividades, o tempo total do projeto assim como o caminho crítico se ajustam automaticamente, determinando a distribuição de probabilidades do prazo de conclusão do projeto. De posse dessa distribuição de probabilidades, é possível analisar a probabilidade de término até qualquer momento “x” e para isso basta ajustar a posição do cursor no softwares e observar a área sob a curva apresentada.

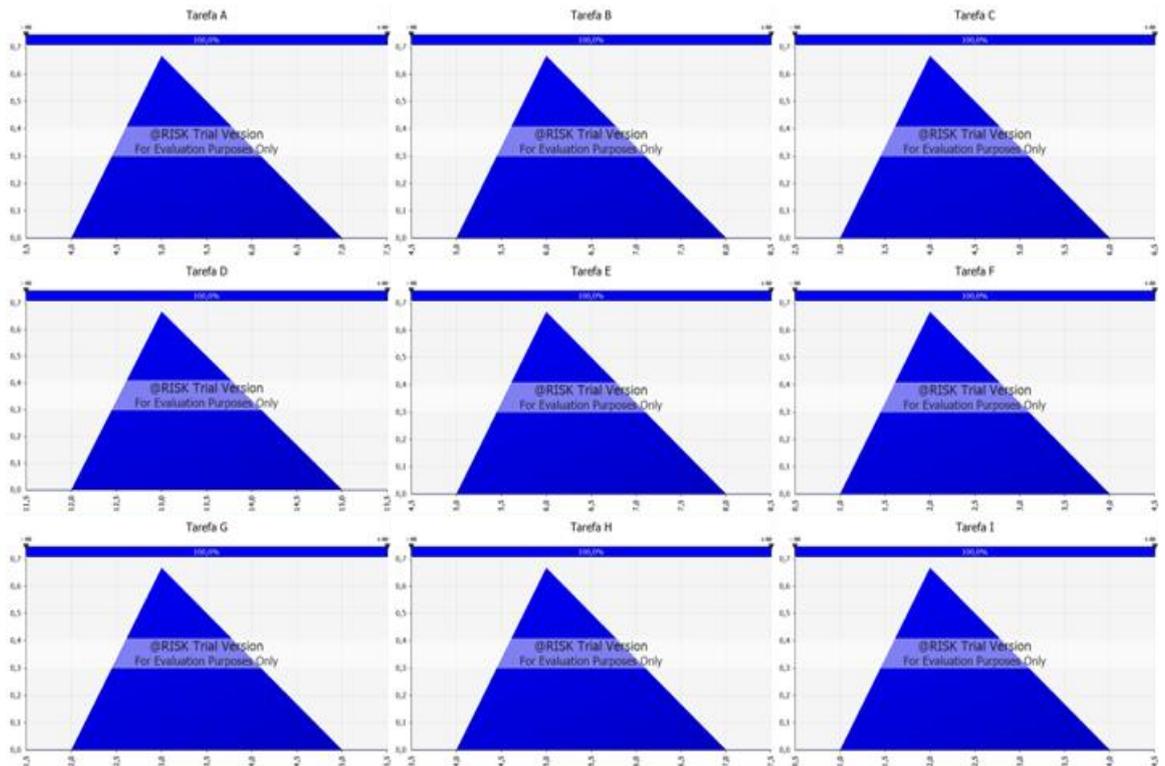
Figura 2 – Diagrama PERT/CPM *AoN* (Atividade no Nó)



Fonte: Software MS Visio e Autores

Após a modelagem no Software Excel, são inseridos os tempos otimista e pessimista caracterizando assim a distribuição de probabilidades triangular, já pré configurada no Software @Risk.

Figura 3 – Dados de Entrada no Software Palisade @Risk



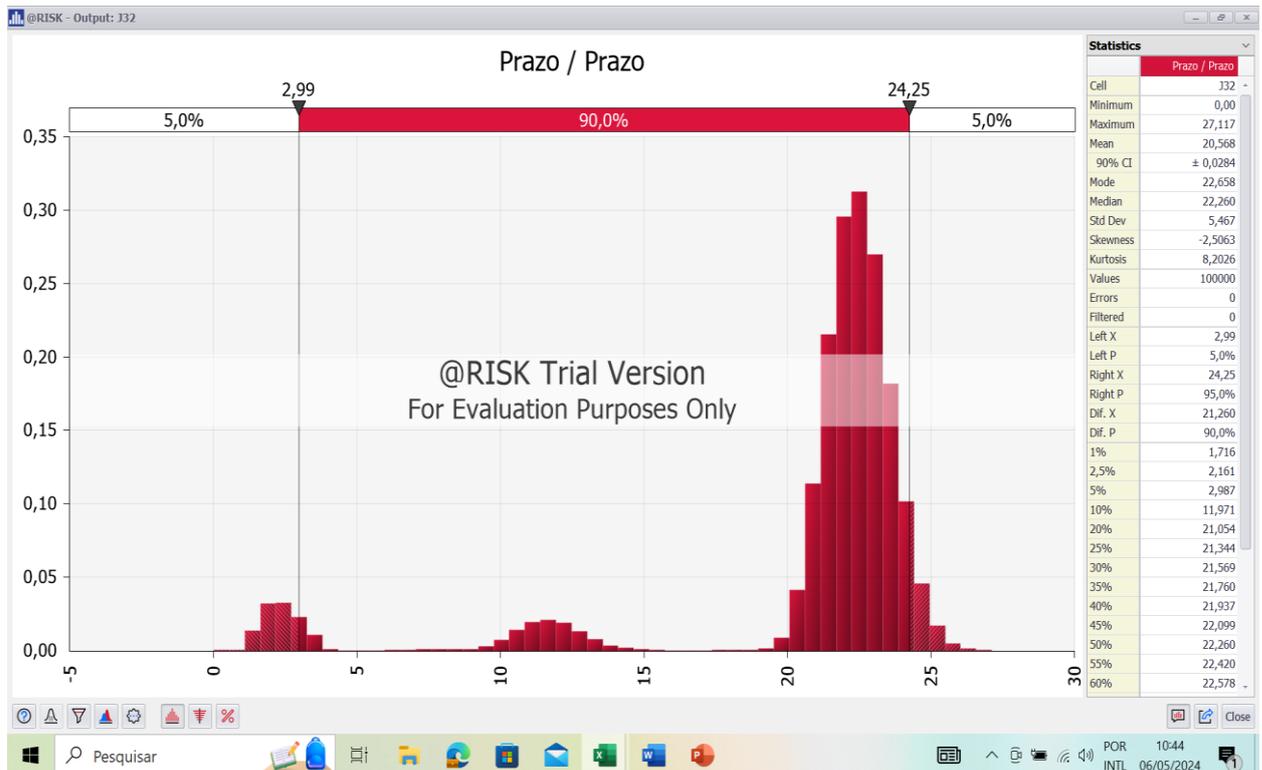
Fonte: Palisade @Risk e autores

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado, a Figura 4 apresenta a distribuição de probabilidades do tempo total, sendo assim analisada, através do posicionamento dos cursores, a probabilidade de término do projeto em menos de 20 dias. Porém, foram observados três picos de frequências modais, sendo que o esperado seria apenas uma.

Foi então cogitada a possibilidade de alterações no caminho crítico, mas em virtude do baixo valor desses tempos, essa possibilidade foi descartada.

Figura 4 – Resultado 1 – PERT/CPM Simulado, distribuição de probabilidades do tempo total



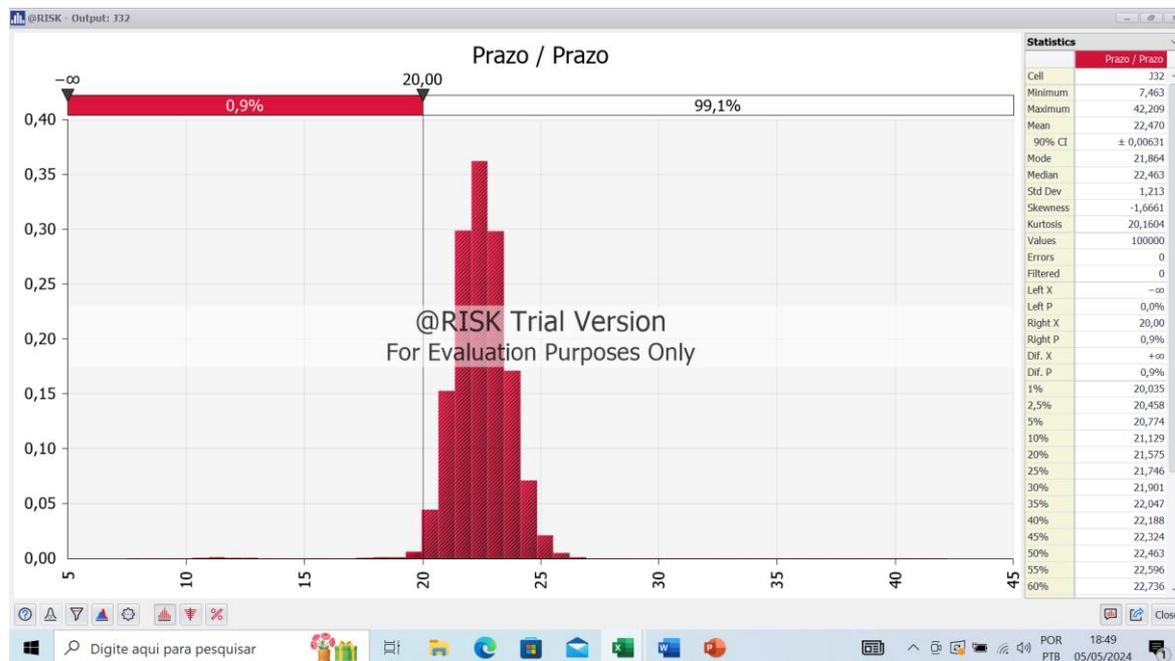
Fonte: Software Palisade @Risk e autores

Ao analisar os dados gerais extraídos da simulação foi observado que os picos secundários se devem aos arredondamentos dos valores de tempo de UDT's e PDT's o que provoca uma divergência após a 8ª casa decimal, impedindo que certas atividades críticas sejam identificadas e reduzindo o Caminho Crítico.

Para solução desse problema é utilizada a função "ARRED" no Excel, truncando os valores na 4ª casa decimal e assim corrigindo esse problema de divergência. O resultado pode ser observado na Figura 5.

Como resposta, na distribuição de probabilidades do tempo de conclusão gerada pelo @Risk, Figura 5, posiciona-se o cursor sobre o momento 20 dias, conforme o enunciado do problema, assim observa-se que a probabilidade de término até esse momento é de 0,9%, praticamente nula.

Figura 5 – Resultado 2 – PERT/CPM Simulado ajustado, PERT/CPM Simulado, distribuição de probabilidades do tempo total ajustado



Fonte: Software Palisade @Risk e autores

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Distribuição de probabilidades triangular aparentemente representa bem a cênarização otimista e pessimista exigidas no modelo proposto, porém fica como sugestão para trabalhos futuros e comparação com a distribuição PERT criada mais recentemente com a função de representar exatamente essas variações de tempos em projetos em situação de incertezas.

REFERÊNCIAS

CUKIERMAN, Zigmundo Salomão. **O modelo PERT/CPM aplicado a projetos**. 7ª ed. Rio de Janeiro: Riechmann& Affonso, 2000.

EVANS, J. R.; OLSON, D. L. **Introduction to simulation and risk analysis**. New Jersey: Prentice Hall, 1998.

LAW, A.M.; KELTON, W.D.; **Simulation Modeling and Analysis**. 3a. ed. New York: McGraw-Hill: 2000.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção**. Trad. Cláudia Freire, Lucas Marcelo Ferretti Yassumura, Monica Rosali Rosemberg. Rev. Diógenes de Souza Bido. 2ª ed. rev. aum. e atual. São Paulo: Saraiva, 2006.

PRADO, Darci Santos do. **PERT/CPM Série Gerência de Projetos – Volume 4**. 3ª Edição. INDG Tecnologia e Serviços Ltda2004.

SANCHES, ALEXANDRE LEME.; MARINS, FERNADO AUGUSTO SILVA.; MONTEVECCHI, JOSÉ ARNALDO BARRA; RIBEIRO, DOUGLAS ALMEIDA. **Dimensionamento de Kanban Estatístico por Simulação de Monte Carlo Utilizando o Software Crystal Ball**. SEGET 2007.

SILVA, F. C. **PERT/CPM: Uma ferramenta disponível**. 2008. Porto Velho-RO. Disponível em: <http://martaproje.dominiotemporario.com/doc/Case_PERT_CPM_3.pdf> . Acesso em: 05 Set, 2013.