

Pesquisa Operacional na Gestão Estratégica de Custos em Projetos de Produção

Rodrigo Roratto (UFSM) roratto_rs@hotmail.com
Denis Rasquin Rabenschlag (UFSM) peritoseconsultores@hotmail.com
Evandro Dotto Dias (UFSM) evandrodotta@yahoo.com.br

Resumo:

Atualmente, o gerenciamento de projetos tem sido um dos maiores campos de aplicação pelo setor empresarial e de estudos pelo meio acadêmico. Contudo, a gestão de custos em projetos é bastante complexa e requer o emprego de adequadas técnicas de análise e controle. Por isso, o presente artigo tem como objetivo geral descrever modelagens analíticas que possam ser adotadas em diferentes situações, por quaisquer organizações, a fim de controlar (ou minimizar) custos no gerenciamento de projetos. Para isso, após uma análise teórica fundamentada em algumas das principais técnicas de pesquisa operacional, construiu-se a modelagem conforme cada situação hipotética preestabelecida, que poderiam ser vivenciadas por uma organização. Primeiramente, foi apresentado um estudo de caso em que o modelo construído foi baseado na rede pert/cpm para a análise do cronograma de tempo e orçamento de custos de um projeto. Já em outra situação, foi elaborado uma modelagem matemática que empregou a técnica de programação linear para o encontro do objetivo de redução de custos num projeto específico. Assim, tais modelagens apresentadas podem ser empregadas de acordo com a situação objetivada pela organização na gestão de custos em qualquer projeto (conforme apresentado nos estudos de caso), bastando apenas buscar as variáveis e modelar o estudo de acordo com o método que ser aplicar para análise.

Palavras-chaves: Gestão de projetos; planejamento de custos; pesquisa operacional

Operational Research on Strategic Cost Management in Projects Production

Abstract:

Currently, the project management has been a major uses of the business sector and by means of academic studies. However, the cost of project management is quite complex and requires the use of appropriate technical analysis and control. So this article has as general purpose modeling describe analytical that may be taken in different situations for any organizations in order to control (or minimize) cost in project management. For that, after a theoretical analysis on some of the main based operations research techniques, built to modelling as each preset hypothetical situation, which could be an organization lived by. First, it was a case study presented which was built model-based network pert / cpm for the analysis of time schedule and budget cost of a project. Already in another state, has been a mathematical modeling technique which employed linear programming for the purpose of the meeting of cost reduction in a specific project. Therefore, such employees may be submitted modeling according to the situation in objectified by organization management costs in any project (as shown in the case studies), just by search the variables and modelling study according to the method to be applied to analysis.

Keyword: Project management; planning costs; operation reserch

1. Introdução

Atualmente, técnicas de gerenciamento de projetos são utilizadas por empresas dos mais diversos ramos de atividade econômica e têm sido de fundamental importância para transformar o planejamento em resultados, otimizar a alocação de recursos, diminuir as surpresas e proporcionar maior lucratividade ao processo de gestão.

Porém, em alguns casos fica difícil mensurar quais projetos agregam valor para o desempenho organizacional, visto que muitas organizações não possuem fins lucrativos ou a prioridade de uma empresa, em dado momento, pode estar na contenção de custos em determinada atividade de produção. Isto é, nesses casos o que interessa é a elaboração de projetos que aperfeiçoem processos e reduzam o desperdício dos recursos (minimização de custos). Nesse momento, torna-se mais difícil decidir qual a melhor metodologia ou modelagem a ser aplicada, haja vista a pouca utilização de sofisticadas técnicas de controle de custos durante o gerenciamento de projetos.

Diante dessa problemática, o presente artigo tem como objetivo geral descrever modelos matemáticos baseados em técnicas de Pesquisa Operacional que possam ser adotados em diferentes situações, por quaisquer organizações, a fim de planejar (ou minimizar) custos no gerenciamento de projetos produtivos. Para isso, após uma análise teórica sobre o assunto, construiu-se os modelos conforme cada situação hipotética preestabelecida. Como justificativa para a realização de uma pesquisa desta natureza, além da busca de subsídios para a redução de incertezas na tomada de decisões nesse tipo de estudo, estaria na necessidade de definir qual técnica voltada à redução de custos pode ser a mais apropriada para cada situação planejada por uma organização.

Assim, o artigo inicia-se por esta Introdução e segue com o item Pesquisa Operacional e o Planejamento de Custos em Projetos, Metodologia, Modelagem Analítica, Conclusão e Referências.

2. Pesquisa operacional e o planejamento de custos em projetos

Conforme Pormpermayer e Lima (2002), o lucro é a seiva que nutre e robustece o patrimônio das entidades. Entretanto, segundo eles, o lucro não é apenas uma simples verificação de uma desigualdade. Se o valor da receita é maior do que o valor da despesa o resultado é lucro ($R > D = L$); o lucro é a consequência da soma parcial ou total de qualidade e produtividade, de emoção e razão, de intuição e lógica, de capacidade empresarial e trabalho, de fé e persistência, de firmeza e equilíbrio, de vontade e garra. Portanto, ainda de acordo com os autores, conclui-se que o lucro deixou de ser atributo da receita, das vendas, mas, sim, função resultante dos custos incorridos, de tal modo que, almejar lucro, é conter custos. Lucros e custos são grandezas inversamente proporcionais, isto é, o lucro será máximo se o custo for mínimo.

O gerenciamento dos custos do projeto inclui os processos envolvidos em estimativas, orçamentos e controle dos custos, de modo que o projeto possa ser terminado dentro do orçamento aprovado (PMBOK, 2008). Diante disso, o processo de controle de custos tem por objetivos fundamentais (PMBOK, 2008; SOTILLE, 2003; DINSMORE, 2003):

- a) Monitorar o desempenho do custo para detectar suas variações;
- b) Assegurar que todas as mudanças aprovadas estão registradas no *baseline* de custo;
- c) Impedir que mudanças não aprovadas ou incorretas sejam incluídas no *baseline* do custo;
- d) Informar as mudanças autorizadas a todas as partes envolvidas;

e) Preservar a saúde financeira do projeto, mantendo os custos dentro de limites aceitáveis.

O conhecimento, a aquisição de dados e medição precisa dos custos de mão-de-obra, de equipamentos e de materiais são fundamentais para avaliação correta da produtividade do projeto, sendo que comparação dos custos planejados com os reais revelará se o projeto está evoluindo conforme planejado (PEREZ FILHO, 2006). Portanto, segundo Perez Filho (2006) descobrimento das causas dos desvios, tanto positivos quanto negativos, ensinará ao gerente de projeto tomar as medidas corretivas e/ou preventivas necessárias, visando restabelecer as condições originalmente estabelecidas ou, até mesmo, melhorá-las. Logo, o eficaz processo de gestão de custos passa, necessariamente, pela eficiência e eficácia das atividades de planejamento, execução e controle.

É importante ressaltar que na fase de planejamento, a Pesquisa Operacional poderia contribuir muito nesse sentido, através de algumas técnicas sofisticadas voltadas à gestão de custos. Para Shamblin E Stevens Jr (1979), a Pesquisa Operacional (PO) é “um método científico de tomada de decisão”. Ela inicia-se descrevendo um sistema por intermédio de um modelo e depois lida com este modelo para levantar o melhor modo de operar o sistema.

De acordo com Lachtermacher (2009), a PO com um enfoque mais clássico é definida como a arte de aplicar técnicas de modelagem a problemas de decisão, por meio de métodos matemáticos e estatísticos buscando encontrar a solução ótima de maneira sistêmica, onde dentro de um enfoque atual, a PO leva considerações a interações com o ambiente interno e externo para a formulação da modelagem de um problema.

Ackoff e Sasieni (1974) também mostram a forma de equações que os modelos de PO assumem. Para eles, esta forma é de estrutura básica e muito simples:

$$Z = f(X_i, Y_j)$$

Onde: Z é a utilidade ou valor do desempenho (performance) do sistema (será chamada de função objetivo);

X_i, as variáveis que podem ser controladas;

Y_j as variáveis (ou constantes) que não podem ser controladas, mas que afetam Z; e

f o relacionamento entre Z, X_i, Y_j.

Segundo Montevechi (2006), após o modelo matemático ser construído, pode ser necessário simplificá-lo para ser tratado analiticamente. Segundo Williams (1993), o termo modelo é normalmente utilizado para caracterizar estruturas que representam feições e objetos ou cenários, que podem ser dirigidos à análise de custos.

3. Metodologia

Quanto aos procedimentos metodológicos, o presente trabalho é considerado como uma pesquisa bibliográfica e descritiva, pelo fato de que busca descrever, por meio de uma análise nos referenciais bibliográficos pertinentes, as principais técnicas de PO relativas ao controle de custos aplicáveis ao gerenciamento de projetos em organizações. A realização de um levantamento descritivo, segundo Vergara (2006), possibilita a exposição de atributos do fato em estudo, sem o compromisso de explicar os fenômenos que descreve, embora sirva de base para tal explicação.

Quanto à abordagem, este estudo apresenta enfoque predominantemente quantitativo, pelo fato de que aplica modelagem matemática, baseada na rede PERT/CPM (da teoria dos

grafos) e programação linear (da programação matemática) para planejar as atividades e recursos dos projetos tomados como exemplo. De acordo com Terence e Escrivão Filho (2006), a pesquisa quantitativa permite a mensuração das variáveis de pesquisa, de modo a tornar mais preciso os resultados obtidos.

É importante ressaltar que a construção matemática está limitada à apresentação de apenas duas técnicas de PO, escolhidas por serem de ampla utilização pelo meio acadêmico, bem como por permitirem uma aplicação que possa satisfazer a tomada de decisão em amplo espectro de projetos, conforme cada situação vivenciada (ou necessitada) por inúmeras organizações, tanto do setor público quanto privado. Destarte, esta pesquisa apresenta em sua estrutura de resultados o embasamento teórico de cada modelagem de PO adotada e sua respectiva aplicação prática, onde os exemplos utilizados foram extraídos de trabalhos voltados a esse tipo de aplicação matemática.

4. Modelagem analítica

4.1 Modelagem pelo método PERT/CPM

Segundo SHIMIZU (1984), esse método é baseado na teoria dos grafos, sendo aplicável em projetos cujos prazos de execução de cada atividade sejam estabelecidos considerando-se um certo nível de incerteza, que acaba por gerar estimativas probabilísticas para a análise de viabilidade. Enquanto PERT é o cálculo a partir da média ponderada de 3 durações possíveis de uma atividade (otimista, mais provável e pessimista), CPM é um método de apuração do caminho crítico dada uma sequência de atividades, isto é, quais atividades de uma sequência não podem sofrer alteração de duração sem que isso reflita na duração total de um projeto. Desta maneira, classificando-os em função do tratamento, a rede PERT é probabilística e o CPM é determinístico.

De acordo com BACHEGA e ANTONIALLI (2004) existem alguns conceitos básicos necessários para se trabalhar com o Método PERT/CPM, tais como:

ITEM	DESCRIÇÃO
Evento	São pontos no tempo quando se toma uma decisão (representados por círculos, quadrados, etc. numa rede PERT). Nestes pontos não é necessário trabalho, já que são considerados os objetivos
Atividade	É a execução efetiva de uma tarefa, na qual se consome recursos e tempo (geralmente representadas por setas que interligam os eventos). As atividades podem ser: a) paralelas, ou seja, atividades que ocorrem paralelamente entre dois eventos; b) dependente, ou seja, para que a atividade seja realizada, esta depende do cumprimento de outra (s); c) independente, ou seja, não depende integralmente das atividades que chegam ao nó de onde ela partiu; d) fantasmas (ou <i>dummy</i>), pode existir uma única atividade entre dois eventos sucessivos, e para evitar este problema, há o artifício de se usarem atividades fantasmas que não consomem tempo

	<p>nem recursos;</p> <p>e) condicionantes, ou seja, atividades que podem ser executadas somente sob determinadas condições ou tempo pré-estabelecido;</p>
Estimativas de Tempo da Rede Pert	<p>a) <i>Tempo otimista</i>: menor tempo possível no qual a atividade possa ser executada. Ou seja, o tempo necessário para completar o trabalho, caso tudo ocorra melhor do que o esperado;</p> <p>b) <i>Tempo mais provável</i>: estimativa de tempo mais exata possível. Seria, então, o tempo gasto se tudo ocorrer satisfatoriamente;</p> <p>c) <i>Tempo pessimista</i>: máximo de tempo necessário para a execução da atividade. Nesta estimativa de tempo seriam considerados os fatores adversos;</p> <p>d) <i>Tempo mais cedo</i>: maior tempo necessário para que o evento seja atingido, desconsiderando imprevistos e atrasos nas atividades antecedentes, ou seja, a soma do tempo inicial do projeto com o somatório dos tempos anteriores ao evento analisado;</p> <p>e) <i>Tempo mais tarde</i>: menor tempo necessário para realização de um evento, ou seja, a diferença entre o tempo total de conclusão do projeto com o somatório dos tempos posteriores ao evento analisado;</p> <p>f) <i>Tempo de conclusão</i>: tempo total de conclusão do projeto ou da obrigação contratual;</p> <p>g) <i>Folga</i>: medida de excesso de tempo disponível para a realização do evento, obtida pela diferença entre o último tempo permissível e o tempo esperado;</p> <p>h) <i>Caminho crítico</i>: é o caminho na rede PERT que possui folga igual a zero (que não pode sofrer atraso) e que determina o tempo esperado de execução do projeto.</p>
Dependência entre Atividades	<p>É definida com a relação entre duas atividades contíguas, de maneira que uma atividade, dependente somente possa ser iniciada quando a imediatamente precedente estiver concluída.</p>

4.1.1 Exemplo Prático

Neste tópico, é apresentado um estudo de caso relativo a um projeto de implantação de uma ferramenta de TI junto a uma organização, onde foram dadas as atividades necessárias para a execução do respectivo projeto e suas perspectivas de tempo em diferentes cenários, o

custo previsto para cada estimativa (quanto a organização teria que desembolsar na execução do projeto em cada cenário), o tempo máximo fixado para a conclusão e a disponibilidade orçamentária (limitação financeira) fixada para o custeio do projeto, de acordo com o quadro 1 abaixo.

Atividades	Sucessor imediato	Estimativas de tempo (em mês)		
		(O) Otimista	(M) Mais provável	(P) Pessimista
A. Análise do plano estratégico institucional e discussão sobre suas metas e objetivos	B	1,5	2	3
B. Identificação dos usuários internos e externos, bem como suas exigências e necessidades	C	1,5	2,5	3
C. Identif. dos dados que devem estar na base	D, E	1	1,5	2
D. Estruturação e delineamento da base de dados	F	1,5	2	2,5
E. Mapeamento do fluxo de processos	H	0,2	0,5	1,5
F. Armazenagem dos dados na base (suprimento do banco de dados)	G	2,5	3,5	4
G. Modelagem dos dados armazenados	I	1	1,5	2
H. Padronização de processos e tarefas	L	1	2	3
I. Programação/sistematização da ferramenta	J	0,5	1	1,5
L. Implementação de medidas de controle e segurança da informação	N	1	1,5	2
M. Pesquisa de satisfação de usuários (feedback)	N	1	2	2,5
N. Ajustes conforme necessidades dos usuários	-	0,5	1	1,5
CUSTO TOTAL PREVISTO EM CADA ESTIMATIVA (R\$)		1698,00	1857,00	2130
TEMPO TOTAL FIXADO PARA A EXECUÇÃO DO PROJETO (Meses)				18
DISPONIBILIDADE ORÇAMENTÁRIA (R\$)				1900,00

QUADRO 1 – Visão inicial do projeto de um sistema de TI e suas restrições, dentro dos cenários propostos pela organização.

A partir do quadro anterior, é possível elaborar a rede PERT/CPM do projeto com a seguinte distribuição de eventos e atividades:

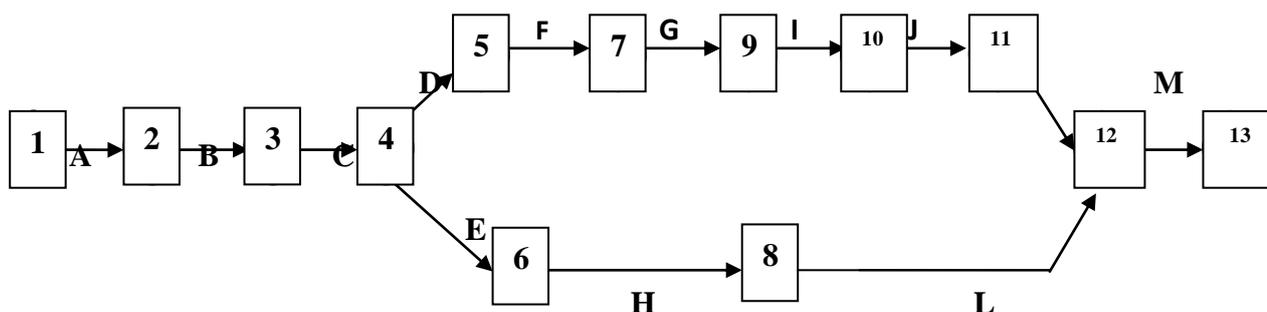


FIGURA 2: Rede PERT/CPM do projeto.

Ao analisar a rede e o Quadro 1, com os dados iniciais, aplica-se as fórmulas matemáticas da rede PERT/CPM para se obter, respectivamente:

- o tempo esperado de cada atividade ($T_e = O + 4M + P / 6$);
- a variância de cada atividade ($V = [(P - O) / 6]^2$);
- o tempo mais cedo de cada evento ($T_{+cedo} = T_{\text{inicial do projeto}} + \Sigma T_{\text{anteriores ao evento}}$);
- o tempo mais tarde do evento ($T_{+tarde} = T_{\text{final do projeto}} - \Sigma T_{\text{posteriores ao evento}}$);
- a folga de cada evento ($T_{+tarde} - T_{+cedo}$), que determinará quais eventos serão críticos (com folga nula) e que não poderão sofrer atraso na execução.

No quadro 2, são aplicadas as fórmulas para a solução do problema.

Tempo Atividade	Esperado (T_e)	Variância (V)	Tempo Evento	Mais cedo (T_{+cedo})	Mais tarde (T_{+tarde})	Folga ($T_{+tarde} - T_{+cedo}$)	Evento Crítico?
A	2,1	0,063	1	0	0	0	Sim
B	2,4	0,063	2	2,1	2,1	0	Sim
C	1,5	0,027	3	4,5	4,5	0	Sim
D	2	0,027	4	6	6	0	Sim
E	0,6	0,04	5	8	8	0	Sim
F	3,4	0,063	6	6,6	13,4	6,8	Não
G	1,5	0,027	7	11,4	11,4	0	Sim
H	2	0,11	8	8,6	15,4	6,8	Não
I	1	0,027	9	12,9	12,9	0	Sim
J	1,1	0,063	10	13,9	13,9	0	Sim
L	1,5	0,027	11	15	15	0	Sim
M	1,9	0,063	12	16,9	16,9	0	Sim
N	1	0,027	13	17,9	17,9	0	Sim

QUADRO 2 – Análise do tempo (em meses) de execução do projeto por meio da técnica PERT/CPM.

Assim, o projeto teria seu caminho crítico, tempo e variância totais definidos, de acordo com a figura a seguir:

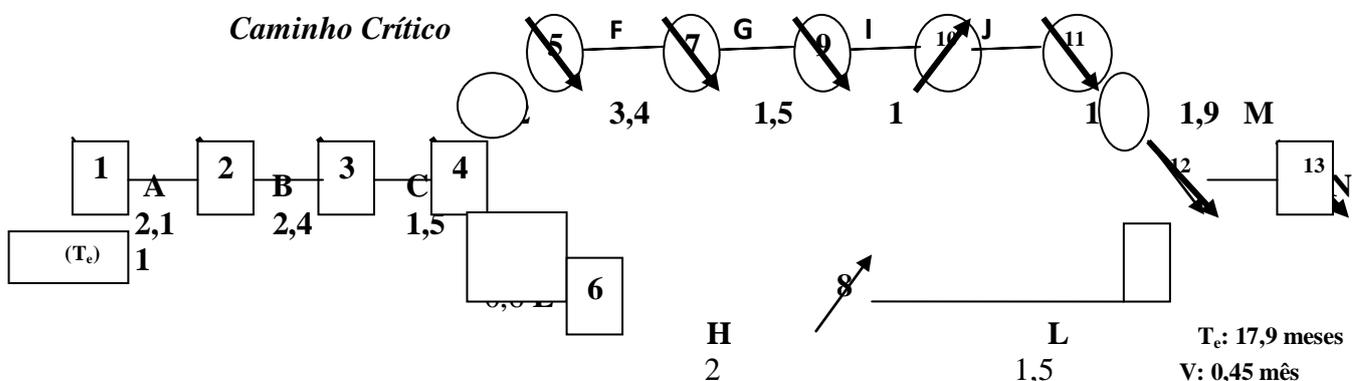


FIGURA 3 - Rede PERT/CPM, com definição do tempo e caminho crítico do projeto.

No esquema anterior, nota-se que o caminho crítico, ou seja, a sequência de eventos que possuem folga nula pertencem à distribuição de atividades A-B-C-D-F-G-I-J-M-N (em destaque), as quais expressam o tempo total esperado para a execução do projeto (de 17,9 meses). Sabendo-se que o tempo fixado inicialmente para a conclusão do projeto pelos gestores é de 18 meses, seja qual for o cenário, aplica-se a fórmula estatística para o encontro do fator de probabilidade (Z) na tabela de distribuição normal, a fim de identificar a probabilidade de viabilidade do projeto, conforme o especificado pela fórmula a seguir:

$$Z = \frac{\text{Tempo fixado} - \text{Tempo esperado}}{\sqrt{\text{Variância}}}$$

ou seja: $Z = 18 - 17,9 / \sqrt{0,45} \longrightarrow Z = 0,149$,

sendo que: 18 é o prazo fixado, 17,9 é o tempo total do projeto (percorrido no caminho crítico) e 0,45 é a variância total do projeto (soma das variâncias das atividades pertencentes ao caminho crítico).

Na avaliação por meio da tabela estatística de distribuição normal, para $Z = 0,149$, a probabilidade de viabilidade do projeto **P = 55,57 %**.

TABELA 1 – Tabela de distribuição normal, com a identificação do fator de probabilidade ($Z = 0,149$).

Z	0,0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517

Fonte: (Adaptado de FONSECA e MARTINS, 1982).

De acordo com SHIMIZU (1984), se $0 < P < 0,25$, haveria pouca chance de viabilidade do projeto, apontando para desistência do gestor na aplicação de esforços e investimentos no projeto. Se $0,25 < P < 0,60$, o projeto teria boas condições de ser implantado e seria indicado o início de sua construção, como é o caso. Se $0,60 < P < 1$, o projeto teria ótimas condições de ser elaborado, mas isso poderia indicar excesso de recursos aplicados (como muita mão-de-obra que forneceu estimativas de tempo menores), os quais poderiam ser alocados em outros investimentos.

Para o custo esperado do projeto, através de analogia, adota-se também a fórmula do tempo esperado, mas com os valores relativos ao custo previsto em cada cenário. Assim, o custo ficaria:

$$T_e = C_e = O + 4M + P / 6$$

$$C_e = 1698 + 4(1857) + 2130 / 6 \longrightarrow C_e = \text{R\$ } 1876,00$$

Dessa forma, o custo esperado na construção do projeto aponta para o valor de R\$ 1876,00, valor esse dentro do limite orçamentário disponível pela organização, que é de R\$ 1900,00.

Portanto, exemplo supra-citado mostra que o método PERT/CPM pode ser adotado no processo de gerenciamento de um projeto pelo setor público, por meio da avaliação e controle das atividades e prazos, em termos de custos, permitindo também a análise da viabilidade do projeto.

4.2 Modelagem por programação linear

Segundo SHAMBLIN E STEVENS JR (1979) , um modelo de programação matemática é especificado pela entrada dos termos (*inputs*). A Programação Linear (PL) é uma programação matemática em que a função-objetivo e as restrições assumem características lineares, tendo diversas aplicações no controle gerencial, como por exemplo, a administração de produção, análise de investimentos, logística empresarial, problemas de transportes, em síntese, problemas de utilização dos recursos disponíveis em que buscam utilização ótima dos mesmos, observando-se limitações impostas pelo processo produtivo ou pelo mercado. A Programação Linear pode ser descrita da seguinte forma (Lachtermacher, 2009, p.26):

$$\text{Otimizar } z = f(x_1; x_2; x_3; \dots; x_n)$$

Sujeito a

$$\left. \begin{array}{l} g_1(x_1; x_2; x_3; \dots; x_n) \\ g_2(x_1; x_2; x_3; \dots; x_n) \\ \vdots \\ g_m(x_1; x_2; x_3; \dots; x_n) \end{array} \right\} \begin{array}{l} \leq \\ = \\ \geq \end{array} \left\{ \begin{array}{l} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_m \end{array} \right.$$

Onde:

$$f(x_1; x_2; x_3; \dots; x_n) = c_1 x_1 + c_2 x_2 + c_3 x_3 + \dots + c_n x_n$$

$$g_i(x_1; x_2; x_3; \dots; x_n) = a_{i1} x_1 + a_{i2} x_2 + a_{i3} x_3 + \dots + a_{in} x_n, i = 1, \dots, m$$

n é o número de variáveis

m é o número de restrições

i é o índice de uma determinada restrição

Assim, a função a ser maximizada ou minimizada é denominada “função objetivo”, ou seja, buscam encontrar a melhor distribuição possível de recursos entre diversas atividades ou tarefas para se atingir um valor ótimo conforme o objetivo estabelecido (LACHTERMACHER, 2009). Para a solução de problemas de Programação Linear pode-se utilizar o Método Simplex que é, segundo CAIXETA FILHO (2001), uma técnica para se encontrar algebricamente a solução ótima de um modelo que reúne recursos matemáticos, lógicos e computacionais, apoiados em modelos estruturados que permitem obter alternativas para tomada de decisões.

4.2.1 Exemplo Prático

O exemplo prático apresentado neste tópico refere-se à construção de um modelo para análise de custos no desenvolvimento de um projeto junto a uma organização específica.

Assim, as atividades a serem desempenhadas e seus respectivos custos, quantidade de funcionários, quantidade de horas e custos do homem hora. Tendo em vista a determinação dos custos, as diversas atividades foram identificadas e orçadas.

Apresentamos abaixo uma ilustração (Tabela 2), dos custos dos funcionários para realizar as tarefas programadas. As demais fases foram calculadas de forma semelhante.

TABELA 2 – Custo por Atividade, obtido junto à empresa em estudo.

FUNCIONÁRIO	CARGO	VALOR/HORA	DISPONIBILIDADE (HORAS)
f1	C1	25	100
f2	C2	50	100
f3	C3	45	400
f4	C4	60	500
f5	C5	25	100

Fonte: Moro (2011) - adaptado.

A Tabela 2 acima compõe a função objetivo adiante esclarecida. Além da Tabela 2, foram considerados também os dados referentes à quantidade de funcionários por fases, subdividida em semanas e meses; tempo utilizado para realização do projeto especificado no modelo a seguir. O modelo aplicado tem como objetivo apurar os custos relacionados à mão-de-obra, minimizados em fluxo de caixa e pagamentos a serem efetuados semanalmente.

Na Tabela 3 que segue abaixo, será considerada a disponibilidade dos funcionários em cada fase do Desenvolvimento de Sistemas. Estes dados serão utilizados no modelo matemático que será simulado a seguir.

TABELA 3 – Disponibilidade de funcionários, obtida junto à empresa em estudo.

Fases	Funcionários				
	F1	F2	F3	F4	F5
Fase 1	1	0	0	0	1
Fase 2	0	1	1	1	0
Fase 3	0	1	1	0	0
Fase 4	0	0	0	1	0

Fonte: idem.

O modelo a seguir refere-se à minimização dos custos relacionados às atividades programadas a serem executadas.

Função Objetivo:

Minimizar $Z = 25 t_{11} + 25 t_{12} + 25 t_{13} + 25 t_{14} + 50 t_{21} + 50 t_{22} + 50 t_{23} + 50 t_{24} + 45 t_{31} + 45 t_{32} + 45 t_{33} + 45 t_{34} + 60 t_{41} + 60 t_{42} + 60 t_{43} + 60 t_{44} + 25 t_{51} + 25 t_{52} + 25 t_{53} + 25 t_{54}$

Sujeito a

- $1 t_{11} + 0 t_{21} + 0 t_{31} + 0 t_{41} + 1 t_{51} = 150$
- $0 t_{12} + 1 t_{22} + 1 t_{32} + 1 t_{42} + 0 t_{52} = 200$
- $0 t_{13} + 1 t_{23} + 1 t_{33} + 0 t_{43} + 0 t_{53} = 250$
- $0 t_{14} + 0 t_{24} + 0 t_{34} + 1 t_{44} + 0 t_{54} = 400$
- $t_{11} + t_{12} + t_{13} + t_{14} \leq 100$
- $t_{21} + t_{22} + t_{23} + t_{24} \leq 100$
- $t_{31} + t_{32} + t_{33} + t_{34} \leq 400$
- $t_{41} + t_{42} + t_{43} + t_{44} \leq 500$
- $t_{51} + t_{52} + t_{53} + t_{54} \leq 100$

Com a aplicação do software Lindo[®] foram obtidos os resultados, conforme a distribuição das fases e os valores respectivos dos custos do projeto estão resumidos nas Tabela 4 e Tabela 5.

TABELA 4 – Tempos de funcionários por fase, extraídos da simulação.

Fases	Tempo/Funcionários (fn)				
	Tempo f1	Tempo f2	Tempo f3	Tempo f4	Tempo f5
fase1	100	0	0	0	50
fase2	0	0	200	0	0
fase3	0	50	200	0	0
fase4	0	0	0	400	0
totais	100	50	400	400	50
Total Geral					1000

Fonte: idem.

TABELA 5 – Custos de funcionários por fase, extraídos da simulação.

fases	Custos/funcionários (f)				
	f1	f2	f3	f4	f5
fase1	2500	0	0	0	1250
fase2	0	0	9000	0	0
fase3	0	2500	9000	0	0
fase4	0	0	0	24000	0
totais	2500	2500	18000	24000	1250
Total Geral					\$48.250,00

Fonte: idem.

Com os resultados obtidos através da simulação com o software LINDO verifica-se que a Função Objetivo gerou um custo otimizado de R\$ 48.250,00 (quarenta e oito mil duzentos e cinquenta reais) para o Desenvolvimento de Sistemas – Projeto com Tempo Limite de 1000 horas para realização.

Este resultado representa o conjunto das atividades, separadas por fases, e, participações dos diversos funcionários de várias categorias de profissionais, executando o projeto de desenvolvimento do sistema, pelo valor de R\$ 48.250,00, sendo esta importância o valor minimizado dos custos de realização do referido projeto.

Considerando esta solução compatível com as expectativas da empresa de desenvolvimento de sistemas, as horas acima representam as horas a serem alocadas de acordo com o projeto previsto, com custos mínimos, e, podem ser consideradas como informações para inclusão no planejamento global de recursos humanos necessários para a empresa.

5. Conclusão

A partir da análise dos referenciais analisados conclui-se que este trabalho alcançou seus objetivos, de modo que apresentou duas modelagens analíticas, baseadas em técnicas de PO, utilizáveis na gestão e planejamento de custos durante o gerenciamento de projetos junto ao setor público.

Primeiramente, foi apresentada uma modelagem fundamentada no método PERT/CPM, que teve sua aplicação prática no exemplo adotado, onde foi possível verificar nessa situação as atividades e eventos envolvidos num projeto, de modo a planejar sua execução com base em três cenários projetados – pessimista, otimista e mais provável – e assim gerir o cronograma e o orçamento com os custos do projeto. Através disso, analisou-se também a viabilidade do projeto, por meio do encontro dos totais de tempo obtido e custo incorrido, sob a ótica dos valores fixados pela respectiva organização.

Numa segunda etapa, foi delineada uma modelagem baseada em programação linear, em que se buscou planejar a minimização no custo de desenvolvimento de um projeto (função

objetivo), analisando certas restrições definidas, que no exemplo empregado caracterizaram-se em função de variáveis de tempo e custo de mão-de-obra empreendidos no projeto.

Salienta-se que tais modelagens podem ser empregadas de acordo com a situação objetivada pela organização na gestão de custos em qualquer projeto, desde projetos de cunho social até os de modernização administrativa (conforme apresentado nos estudos de caso), bastando apenas buscar as variáveis e modelar o estudo de acordo com o método que ser aplicar para a análise, isto é, construir a modelagem do método conforme as características do projeto. É importante ressaltar que os exemplos práticos apresentados tem apenas uma função didática, com intuito de facilitar a compreensão das técnicas propostas.

Referências

ACKOFF, R. L.; SASIENI, M. W. *Pesquisa Operacional*. Vol.4. Rio de Janeiro: Ed. Livros Técnicos e Científicos, 1974.

BACHEGA, S. J; ANTONIALLI, L. M. Planejamento com PERT/CPM: um caso prático em uma pequena empresa rural que atua na produção e processamento de tilápias. *Anais da SOBER*, 2004. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/12/02O126.pdf>>. Acesso em: 15 set 2010.

CAIXETA FILHO, J.V. *Pesquisa operacional*. São Paulo: Atlas, 2001.

DINSMORE, P. C.; CAVALIERI, A. *Gerenciamento de Projetos*. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2003.

LACHTERMACHER, G. *Pesquisa Operacional na Tomada De Decisões*. 4ª edição; editora Campus; São Paulo/SP 2009.

MONTEVECHI, J. A. *Pesquisa Operacional – Apostila – UNIFEI* 2006.

PEREZ FILHO, H. C. Método prático de controle de custos numa empresa de projetos. In: I Congresso Brasileiro de Gerenciamento de Projetos. *Anais....* Florianópolis, 2006.

PMBOK®, G. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge*. 4rd ed. Newtown Square: Project Management Institute, 2008.

POMPERMAYER, C. B.; LIMA, J. E. P. Gestão de custos. In: *Faculdades Bom Jesus/FAE Business School. Finanças Empresariais (Coleção Gestão Empresarial)*, Curitiba, v. 4, p. 49-58, 2002.

SHAMBLIN, J. E.; STEVENS Jr., G. *Pesquisa Operacional – uma abordagem básica*. São Paulo: Atlas, 1979.

SHIMUZU, T. *Pesquisa Operacional em engenharia, economia e administração: modelos básicos e métodos computacionais*. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1984.

SILVA, P. G.; COSTA, S. R. R. Gerenciamento de projetos em instituições públicas: um estudo de caso. *Anais do VII SEGeT*, 2010.

SOTILLE, M. Curso de Capacitação em Gerência de Projetos. *PMI-RS*, 2003.

TERENCE, A. C. F.; ESCRIVÃO F., E. Abordagem quantitativa, qualitativa e a utilização da pesquisa-ação nos estudos organizacionais. *Anais do XXVI ENEGEP*, 2006.

VERGARA, S. C. *Projetos e relatórios de pesquisa em administração*. São Paulo: Atlas, 2006.

WILLIAMS, H.P. *Model building in mathematical programming*. 3.ed. Chichester: Wiley & Sons, 1993.