



TEMPO DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS ERP: ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DE FATORES E APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE GERENCIAMENTO DE PROJETOS

Thais Cássia Cabral Padilha

Oracle Corporation – thais.padilha@oracle.com

Antônio Fernando Branco Costa

Faculdade de Engenharia – Campus de Guaratinguetá – UNESP – fbranco@feg.unesp.br

José Luiz Contador

Faculdade de Engenharia – Campus de Guaratinguetá – UNESP – jluz@feg.unesp.br

Resumo

A implantação de sistemas ERP é normalmente complexa, e sua duração pode chegar até três ou quatro anos. Por este motivo, na maioria das implantações, o sistema é dividido em módulos, e apenas alguns módulos são implementados em cada etapa. Segundo vários autores, a definição de prazo e o cronograma destes projetos são alguns dos fatores mais críticos observados pelos clientes, pois raramente são cumpridos, o que acarreta muitos custos adicionais, gerando forte grau de insatisfação. Esse trabalho analisa o projeto de implantação de sistemas ERP utilizando técnicas de Planejamento de Experimentos, para selecionar os fatores que afetam a duração de um projeto, e, através de técnicas de Caminhos Críticos, identificando as atividades críticas do projeto nas quais devem ser investidos recurso para, eventualmente, reduzir a duração do mesmo.

Palavras-chaves: Implantação de Sistemas ERP, Projeto de Experimentos, Métodos de Caminhos Críticos

Abstract

Usually the implementation of ERP systems is very complex, and not immediate, in some cases requires three or even four years. In general, the ERP system is divided in modules, and its implementation is made in stages. At each stage, a few modules are implemented. According to several authors the deadlines of modules implementation are critical, and rarely are obeyed, so such delays make the customer insatisfied because they result in additional costs for them.

The implementation of ERP are dictated by several factors, some of them have more influence on its duration. The technique of Design Planning is considered here to determine these factors. Moreover, using Critical Path Methods are identified the bottleneck activities which require more investment in order to reduce the duration of whole project.

Key-words: ERP systems implementation, design of experiments, critical path methods

1. Introdução

No atual cenário empresarial mundial, as empresas buscam cada vez mais aumentar a sua competitividade, seja pela redução de custos, pela melhoria do produto, agregando mais valor ao produto e se diferenciando da concorrência ou se especializando em algum segmento ou nicho de mercado. A competição tem escalas globais, acontecimentos em países distantes podem trazer conseqüências instantâneas para a indústria local.



Muitas empresas estão optando pelos pacotes ERP (Enterprise Resource Planning) devido a vários motivos, tais como: frustrações com sistemas incompatíveis, departamentos de tecnologia de informação desabilitados à prover integrações entre estes sistemas, consolidar mudanças relacionadas à troca de moeda na Europa e outros que influenciam diretamente na obtenção de maior competitividade.

A sigla ERP - Enterprise Resource Planning, traduzida literalmente significa “Planejamento dos Recursos da Empresa”, o que pode não refletir a realidade de seus objetivos. Koch, Slater & Baatz (1999) citam: “...esqueça a parte do planejamento - ele não o faz, e esqueça os recursos, é apenas um termo de ligação. Mas lembre-se da parte da empresa. Esta é a real ambição dos sistemas ERP”. Os sistemas ERP, também chamados no Brasil de Sistemas Integrados de Gestão Empresarial, controlam e fornecem suporte a todos os processos operacionais, produtivos, administrativos e comerciais da empresa.

Todas as transações realizadas pela empresa devem ser registradas para que as consultas extraídas do sistema possam refletir o máximo possível a realidade. O ERP é um sistema integrado, que possibilita um fluxo de informações único, contínuo e consistente por toda a empresa, sob uma única base de dados. É um instrumento para a melhoria de processos de negócios, como a produção, compras ou distribuição, com informações on-line e em tempo real. Em suma, o sistema permite visualizar por completo as transações efetuadas pela empresa, desenhando um amplo cenário de seus negócios.

Os sistemas ERP, também chamados no Brasil de Sistemas Integrados de Gestão Empresarial, controlam e fornecem suporte a todos os processos operacionais, produtivos, administrativos e comerciais da empresa. Todas as transações realizadas pela empresa devem ser registradas para que as consultas extraídas do sistema possam refletir o máximo possível a realidade. O ERP é um sistema integrado, que possibilita um fluxo de informações único, contínuo e consistente por toda a empresa, sob uma única base de dados. É um instrumento para a melhoria de processos de negócios, como a produção, compras ou distribuição, com informações on-line e em tempo real. Em suma, o sistema permite visualizar por completo as transações efetuadas pela empresa, desenhando um amplo cenário de seus negócios.

O cumprimento de prazos e orçamentos, por parte de empresas fornecedoras de sistemas ERP, tem sido um ponto crítico na implantação desse tipo de sistema. De acordo com Gomes & Vanalle (2001), algumas das causas para o não cumprimento de cronogramas, podem ser: a resistência por parte das pessoas da organização envolvidas no projeto, limitações inerentes ao próprio ERP escolhido e a dificuldade de integrar o ERP com os diversos sistemas existentes dentro da empresa, entre outras. Assim, uma empresa fornecedora de sistemas ERP deve se preocupar com a determinação dos fatores que influenciam o seu tempo de implantação. Com a determinação destes fatores, é possível controlar, ou ao menos determinar, com menor margem de erro, a duração de um projeto.

Nesse contexto, observa-se que existe uma grande oportunidade para o uso das técnicas de planejamento e análise de experimentos, como ferramenta de auxílio na obtenção de prazos a serem cumpridos pela empresa fornecedora do sistema.

Com as análises feitas neste estudo objetiva-se melhorar a qualidade do serviço prestado pela empresa fornecedora de aplicativos de sistemas ERP, na medida que facilitam o cumprimento de prazos e cronogramas preestabelecidos. Segundo Falconi (1987), o cumprimento de prazos é um dos principais requisitos para a qualidade assegurada. Com a análise de experimentos e a utilização de ferramentas estatísticas verifica-se que ambos fatores analisados, ano de implantação do ERP, e porte da empresa - cliente, possuem grande influência no tempo total de implantação destes sistemas. Desta forma, busca-se segmentar os clientes em grupos distintos, seguindo os níveis dos fatores estudados.

Este trabalho apresenta um estudo de caso, onde técnicas de Planejamento de Experimentos foram utilizadas objetivando melhorar a qualidade de serviço de uma empresa de consultoria, com respeito a determinação dos tempos de execução dos projetos vinculados a Sistemas ERP. Além disso, foi utilizada a ferramenta PERT - Técnica de Avaliação e Revisão de Programas, com o objetivo de avaliar cada atividade do projeto, e definir as atividades chave, ou críticas, nas quais devem ser alocados mais recursos para garantir a duração programada.



2. Técnicas de Planejamento e Análise de Experimentos

Em experimentos industriais, é comum estudar o efeito de um ou mais fatores na variável resposta. Exemplo: qual a influência do catalizador no tempo de uma reação química? Observa-se que o número de experimentos cresce com o número de fatores pois na análise é preciso considerar todas as possíveis combinações dos níveis dos fatores do experimento. Exemplo: sejam os fatores pressão e temperatura e deseja-se analisar a influência deles na velocidade de uma reação química.

Na análise dos resultados dos experimentos, busca-se identificar o efeito produzido na variável resposta quando da variação dos níveis dos fatores de controle do experimento. Os efeitos são classificados como principal, que representa a variação média da variável resposta resultante da mudança de nível de um fator, mantendo-se os outros fatores fixos, ou de interação, quando a variação da resposta é decorrente da mudança combinada dos níveis de dois ou mais fatores.

Para a análise dos resultados podem ser utilizados procedimentos gráficos. Entretanto, Montgomery (1991), afirma que o uso de técnicas estatísticas para se analisar os resultados são mais vantajosas, sugere, em especial, a Análise de Variância (ANOVA). Com a análise de variância, é possível avaliar, com a confiança estatística desejada, se os efeitos são significativamente diferentes de zero, e com isso selecionar os fatores que influenciam na variável resposta.

Seleção dos fatores de controle e os níveis do processo de implantação de sistemas

O objetivo do experimento foi verificar os fatores que influenciam o tempo de implantação de módulos de sistemas ERP. Desta forma, definiu-se o tempo total de implantação do conjunto de módulos, como a variável resposta do experimento. As principais causas de atraso na implantação, segundo Gomes & Vanalle (2001), são:

1. A resistência por parte das pessoas envolvidas no projeto;
2. Rotatividade dos funcionários que foram treinados no novo sistema ou que dominam o negócio da empresa;
3. Qualidade da equipe de consultoria contratada;
4. Limitações inerentes ao próprio produto ERP escolhido;
5. Dificuldade de integrar o ERP com outros sistemas existentes dentro da empresa ou corporação;
6. Porte da empresa onde o sistema será implantado.

Na empresa estudada, foram designados funcionários dos setores envolvidos para participarem do estudo em questão. As reuniões foram realizadas semanalmente, nas quais foram discutidos o experimento a ser realizado e os procedimentos para a obtenção dos dados. Os fatores 1 e 2, dependentes essencialmente do desempenho das pessoas envolvidas, são de difícil mensuração. Acredita-se, ainda, que o comportamento inicial destas seja semelhante em todas as empresas, não sendo necessário avaliar estes fatores.

O fator 3, qualidade da equipe de consultoria, tem grande influência sobre o tempo de implantação do sistema, e a empresa analisada já realizou estudos para determinar os níveis de influência do conhecimento da consultoria sobre o tempo de implantação. As equipes são, atualmente, divididas em 5 níveis de conhecimento, e o tempo que cada nível de equipe necessita é inversamente proporcional a seu patamar. Desta forma, para realizar este estudo foi fixado o nível 3 para todas as empresas clientes envolvidas.

O fator 4 foi excluído dos fatores de controle, uma vez que o sistema implantado é sempre o mesmo, e, portanto, a dificuldade com suas limitações já são conhecidas e invariáveis em qualquer empresa. De maneira análoga, o fator 5 foi controlado, pois somente será analisada a implantação de módulos, não o sistema ERP completo, o que torna necessária a comunicação destes módulos com outros sistemas da empresa.

De acordo com o conhecimento já adquirido pela empresa de consultoria em estudo, dois fatores deveriam ser analisados: o porte da empresa na qual o sistema será implantado (denominada empresa cliente), e o ano de implantação do sistema. Ainda com base no conhecimento empírico dos envolvidos no processo foram definidos os níveis de cada fator. Para o fator ano de implantação do sistema ERP, acredita-se que a partir de 1999, a consultoria e o próprio sistema tenham amadurecido e facilitado o processo de implantação. Desta forma, o fator ano apresenta dois níveis: antes e a partir de 1999.



Para o fator porte da empresa cliente, foram definidos três níveis em função do faturamento anual da mesma. As empresas foram classificadas em pequena, média e grande com faturamento respectivamente de até R\$300 milhões, entre R\$ 301 e R\$999 milhões e acima de R\$ 1 bilhão. É importante ressaltar que esta divisão somente classifica as empresas para esta análise, já que empresas com este nível de faturamento são consideradas de médio porte para cima. A hipótese a confirmar com a análise deste fator, é que o volume de informações para configurar o aplicativo é proporcional ao porte da empresa, e portanto influencia no tempo de implantação, variável resposta do experimento. Como um dos fatores a analisar é o ano de implantação dos módulos, foram utilizados dados históricos da empresa. Para obter o volume de informação necessária, alguns procedimentos foram realizados. Determinou-se que a análise incluiria somente o tempo de implantação de alguns pacotes comerciais, compostos por 10 módulos cada. Desta forma todas as empresas levantadas implantaram os mesmos módulos (fator de controle 5). Os módulos analisados foram o Financeiro (livro fiscal, contas a pagar e contas a receber), o de Manufatura (MRP, listas de materiais, programação, controle, capacidade, qualidade) e o de Compras. O fator 3, citado acima, também foi controlado sendo utilizados apenas os dados para os quais a consultoria apresentava nível três.

3. Aplicação das técnicas de planejamento e análises de experimentos no processo de implantação de módulos de sistemas ERP

Estabelecidos os fatores e os seus níveis, partiu-se para o levantamento de dados.

Formulação das hipóteses a serem testadas:

H_{0A} : O fator ano de implantação não interfere na média dos tempos de implantação;

H_{0P} : O fator porte da empresa – cliente não interfere na média dos tempos de implantação;

H_{0I} : Não há interação entre fatores;

H_{1A} : O fator ano de implantação interfere na média dos tempos de implantação;

H_{1P} : O fator porte da empresa – cliente interfere na média dos tempos de implantação;

H_{1I} : Há interação entre os fatores testados.

A Tabela 1 apresenta valores da variável resposta, tempo de implantação, para os diferentes níveis dos fatores. O Quadro 2 apresenta os resultados da Análise de Variância (ANOVA). Comparando-se o F tabelado para 1% com o F_0 calculado a partir da amostra, verifica-se que ambos os fatores, ano de implantação e porte da empresa afetam o tempo de implantação. Entretanto, observa-se que não existe interação entre os fatores. Portanto, foram rejeitadas as hipóteses H_{0A} e H_{0P} , e aceita a hipótese H_{0I} . Realmente houve um amadurecimento do aplicativo e da empresa após 1999, reduzindo o tempo de implantação, e o nível de faturamento da empresa interfere na duração do projeto. Como foram confirmadas as hipóteses H_{1A} e H_{1P} , é necessário saber se os tempos médios de implantação em empresas de pequeno e médio portes, ou de médio e grande portes, e assim por diante, diferem significativa. Para realizar este teste foi utilizado o método de Tukey (Costa Neto – 1997).

ANO	TIPO DE EMPRESA									SOMA
	PEQUENA			MÉDIA			GRANDE			
ANTES 99	6	7	71	10	11	105	15	11	147	323
	8	10		12	11		12	14		
	5	4		10	12		13	18		
	8	7		10	10		12	18		
	9	7		9	10		18	16		
DEPOIS 99	3	7	45.5	7	5	63.5	10	8	93	202
	5	4		10	8		12	8		
	6	3		8	5		12	8		
	4.5	4		6	4		7	10		
	4	5		6	4.5		11	7		
	116.6			168.5			240			525

TABELA 1: Valores da variável resposta para as combinações dos níveis dos fatores (semanas)

Comparação entre as médias - Método Tukey



Como foi constatado que realmente existe diferença entre os níveis dos fatores, é conveniente realizar o teste de Tukey para identificar entre quais níveis existe diferença.

Formulação das hipóteses:

H_0 : Não há diferença entre os níveis i e j do fator porte da empresa, $i \neq j \in \{\text{pequeno, médio, grande}\}$;

H_1 : Há diferença entre estes níveis.

As diferenças dos tempos médios de implantação de módulos de sistemas ERP em empresas pequenas, médias e grandes (vide Quadro 3) excederam a 1,90 semanas, que é o valor obtido pelo método de Tukey para um risco $\alpha = 1\%$. Conclui-se assim que os tempos médios de implantação nas empresas pequenas é menor que nas médias, que por sua vez é menor que em empresas grandes.

Abaixo apresenta-se o quadro ANOVA.

	FONTE	SQ	GL	QM	Fo	F _{tab 5%}	F _{tab 1%}
ANO	1	244.02	1	244.02	61.62	4.08	7.31
T. EMPRESA	2	384.48	2	192.24	48.55	3.23	5.18
INTERAÇÃO	12	20.4	2	10.2	2.56	3.68	6.36
	erro	213.85	54	3.96			
	total	862.75	59				

QUADRO 2 : Quadro de Análise de Variância

Porte da Empresa	Médias	Cálculos das Diferenças
Pequena (P)	$\bar{X}_P = 5,83$	$ \bar{X}_P - \bar{X}_M = 2,62$
Média (M)	$\bar{X}_M = 8,45$	$ \bar{X}_P - \bar{X}_G = 6,17$
Grande (G)	$\bar{X}_G = 12,0$	$ \bar{X}_M - \bar{X}_G = 3,55$

QUADRO 3: Cálculo das diferenças entre níveis

4. Considerações acerca da Análise de Fatores

Com a análise dos fatores que influenciam o tempo de implantação de módulos de sistemas ERP, a empresa fornecedora do aplicativo agora possui mais informações para elaborar um cronograma preciso, e pode garantir o prazo definido no projeto. Conhecendo-se que o nível de faturamento da empresa possui grande interferência sobre o tempo do projeto, as estimativas de duração do projeto podem ser realizadas com maior confiança para cada empresa.

A influência dos fatores analisados é vista através do *feeling* dos gerentes de projeto, e dessa forma, não é considerada na programação de venda do sistema. O departamento de vendas normalmente estipula um prazo curto para o projeto, com o objetivo de satisfazer o cliente mais rapidamente, sem conhecer realmente sua duração. Com a constatação sobre a diferença de tempo de projeto para diferentes portes de empresa, o departamento de vendas pode, agora, estipular prazos diferenciados para cada cliente. Essa nova forma de definir os prazos, garante que os mesmos sejam cumpridos com maior segurança.

Para garantir, não somente maior confiabilidade na determinação dos prazos, mas também que os mesmos sejam, efetivamente, cumpridos, procurou-se analisar o projeto com mais detalhes. Nessa análise, foi utilizada a ferramenta PERT - Técnica de Avaliação e Revisão de Programas (Contador – 1997), com o objetivo de avaliar cada atividade do projeto, e definir as atividades críticas, nas quais devem ser alocados mais recursos, e, de melhor qualidade, para garantir a duração programada. Essa análise é apresentada na seção seguinte.



5. Gerenciamento do Projeto de Implantação de Sistemas ERP

Considerações sobre Gerenciamento de Projetos

O Gerenciamento de projetos freqüentemente acarreta várias questões conflitantes, tais como: não há tempo para executar a tarefa, o trabalho é muito complexo ou o orçamento não é adequado. Para proceder nestas situações, Strauss (1997) recomenda que deve-se entender e considerar as três dimensões gerais do gerenciamento de projeto: tempo, tarefa e recursos. O autor destaca ainda que “sem um entendimento de como estes três fatores se interrelacionam, o gerente pode facilmente entrar em modo reativo, constantemente respondendo à crise do momento.” Estes três fatores constantemente interagem em um projeto, mudando a prioridade e variando em importância conforme o projeto avança. Entender como estes fatores interagem fornece uma perspectiva objetiva do processo de desenvolvimento. Portanto, esta é uma tarefa típica do gerente de projeto - gerenciar estes fatores e tomar as decisões. Importante perceber que, em projetos distribuídos, qualquer decisão tomada sobre um determinado projeto desencadeia alterações a serem feitas nos demais projetos correlacionados. E, portanto, os gerentes devem estar cientes de toda e qualquer ação efetuada. As três dimensões e suas interações podem ser visualizadas na Figura 3. Cada uma das dimensões pode ser definida e exemplificada da seguinte maneira:

- **Tempo:** o tempo requerido refere-se ao cronograma – especialmente ao *deadline* para a tarefa (data final). Esta data depende da natureza da tarefa (projeto) e da disponibilidade de recursos. A análise de tempo (ou prazos) se preocupa com a decomposição do projeto em atividades (ou em tarefas) e com a interligação destas. O principal produto da análise de tempo é o seqüenciamento das atividades com as datas de início, de término e as folgas de cada atividade.
- **Tarefa:** refere-se ao que está sendo desenvolvido. É o escopo do trabalho a ser realizado: a grandeza e a complexidade da aplicação final. Ou seja, consiste na especificação dos requisitos, no projeto funcional, etc. A definição do produto final, segundo Strauss (1997), determinará o número de pessoas necessárias para produzir a aplicação, as habilidades das pessoas, o tipo de equipamento e quanto tempo levará para completar o projeto.
- **Recursos:** A análise de recursos se preocupa em adequar as datas produzidas pela análise de tempo às disponibilidades de recursos. Nessa análise utilizam-se as folgas das atividades, as quais nem sempre são suficientemente extensas para a completa adequação entre datas e recursos. O seu produto é uma nova programação das atividades em que a utilização de recursos está em níveis compatíveis com a disponibilidade. Os custos representam uma análise particular dos recursos, e, basicamente se referem a quanto dinheiro está disponível para ser gasto no projeto e como o dinheiro é aplicado em termos de pessoas, material e equipamento.

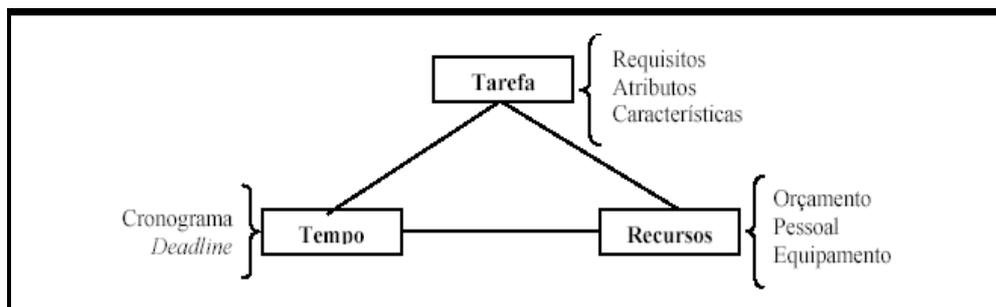


Figura 3 – Dimensões do gerenciamento de projeto.

Fonte: Strauss, 1997, p. 350.

Desta forma, as ferramentas de gerenciamento de projetos atuam no âmbito destes três fatores, permitindo gerenciar e planejar cada um deles, bem como, a interação entre os mesmos. E, no escopo de projetos distribuídos permite gerenciar os fatores quando ocorridas modificações no planejamento inicial de algum dos projetos correlacionados. Com relação ao uso de técnicas quantitativas para a gerência de projetos, pode-se relacionar segundo Prado (1998):



Tempo - As principais técnicas disponíveis são o diagrama de barras (Gráfico de Gantt) e o diagrama PERT/CPM. O uso de um ou outro depende da complexidade do projeto.

Recursos - No caso de redistribuição de recursos, usa-se a simulação da execução do projeto, quando se modifica as folgas das atividades para não ultrapassar as disponibilidades dos recursos. Em pequenos projetos, tal estudo pode ser executado manualmente. Em médios e grandes projetos, o computador é fundamental para se obter uma otimização na utilização de recursos.

Custos - As técnicas mais utilizadas são os estudos orçamentários e o acompanhamento contábil. Os estudos orçamentários são baseados na decomposição do projeto em partes menores para as quais se faz a previsão de custos. Dentre as técnicas disponíveis, a mais sofisticada é o sistema *Earned Value*, que permite ligar uma estrutura de custos à rede de atividades. Aqui a preocupação se refere a *tempo de implantação* de Sistemas ERP, e o primeiro passo para o planejamento do projeto é a definição das atividades do projeto e relação de dependência entre elas.

Seleção das atividades envolvidas no projeto e construção de rede de PERT

A implantação de um sistema ERP obedece uma metodologia padrão desenvolvida para cada empresa fornecedora. Para a empresa estudada, cada fase do projeto pode ser considerada como uma atividade durante o planejamento do projeto. A duração das atividades pode ser definida estatisticamente através da distribuição beta. Esta distribuição permite encontrar o tempo médio, bem como o desvio-padrão de cada atividade através das durações otimista, mais provável e pessimista, previstas pelos responsáveis pelo projeto. Para o presente trabalho, considerou-se como projeto a ser analisado a implantação dos módulos de sistemas ERP em empresas consideradas de grande porte. Uma aplicação abordará apenas as grandes atividades do projeto, numa análise mais agregada possível, adequada portanto ao primeiro nível hierárquico do planejamento. O Quadro 4 mostra as principais atividades necessárias para o desenvolvimento e execução do projeto.

ATIVIDADES	DESCRIÇÃO
A	Definição dos processos
B	Análise Operacional
C	Desenho da Solução
D	Construção
E	Transição
F	Produção

QUADRO 4: Atividades do projeto de implementação de aplicativos.

A Tabela 2 apresenta as estimativas de tempo otimista (t_0), pessimista (t_p) e mais provável (t_{mp}) de cada atividade, assim como suas antecessoras imediatas.

ATIVIDADES							
Atividade	Antecessora imediata	T_0	T_p	T_{mp}	T_{ij}	$S^2_{i,j}$	$\ T_{ij} \ $
A		3	6	4	4,17	0,25	4
B		6	12	10	9,67	1	10
C	B	4	8	6	6	0,44	6
D	A,C	8	16	12	12	1,78	12
E	A,C	4	10	6	6,33	1	6
F	D,E	3	6	4	4,17	0,25	4
TOTAL							42

TABELA 2: Duração (semanas) das atividades e relacionamentos



A duração média de cada atividade e seu desvio-padrão, que constam na Tabela 2, foram calculados através das fórmulas:

$$T_{ij} = [(to)_{ij} + 4(tmp)_{ij} + (tp)_{ij}] / 6 ;$$

$$\| T_{ij} \| = \text{é o inteiro mais próximo de } T_{ij} ;$$

$$S^2_{i,j} = [(tp)_{ij} - (to)_{ij}]^2 / 36$$

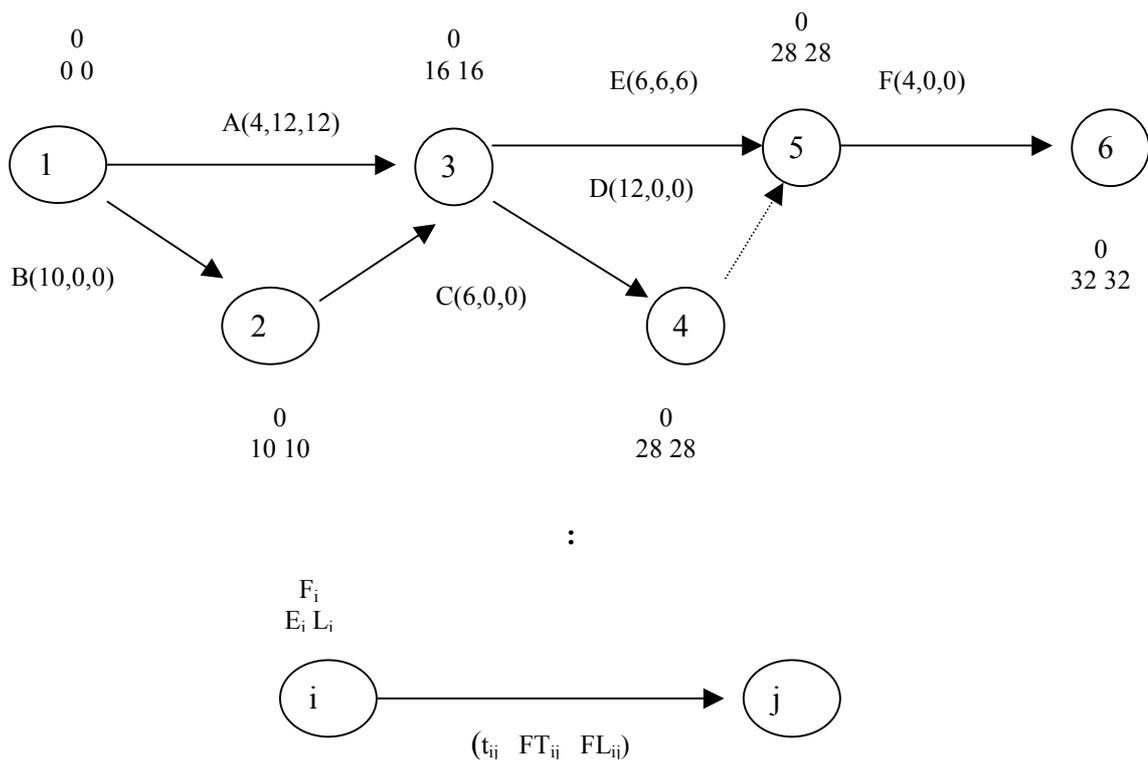
Através das definições anteriores, obteve-se a rede de eventos (atividades no arco) do projeto, estabelecida na Figura 4.

Redução da duração do projeto

O prazo de execução de um projeto é, em muitas circunstâncias, um fator decisivo para sua viabilização, pois como citado ao longo do trabalho, garante maior competitividade frente aos concorrentes. Segundo Contador (1999), os trabalhos sobre gerenciamento de projetos utilizando a técnica PERT pouco exploram a análise estratégica do projeto, ou seja, a análise e a avaliação do projeto feitas, com o objetivo de reduzir sua duração, sobre a programação originada da rede PERT com a duração média das atividade.

As análises têm se limitado à avaliação da probabilidade de cumprir prazos de conclusão, enfocando apenas o caminho crítico do projeto, ou à programação das atividades de forma a cumprir um certo objetivo, como nivelar recursos. A técnica PERT para planejamento e controle de projetos é uma ferramenta forte que permite análises estratégicas interessantes, como, decisões a serem tomadas para garantir maiores chances de sucesso à redução do prazo de conclusão do projeto.

Com esse objetivo, Contador (1999) desenvolveu o Algoritmo do Mínimo Corte, o qual fornece um método para escolher as atividades que devam ter sua duração alterada para, com maior chance de sucesso, acelerar a execução do projeto. A aplicação do método exige a identificação de todos os caminhos do projeto que, a partir do tempo esperado das suas atividades, apresentam duração acima do prazo desejado de conclusão do projeto. Para tanto, Contador (2000) apresentou o Algoritmo da Folga Mínima.





onde, F_i é a folga do evento i , E_i é a sua data mais cedo, L_i é a sua data mais tarde, t_{ij} é a duração da atividade ij , FT_{ij} é a sua folga total, FL_{ij} é a sua folga livre.

FIGURA 4: Rede PERT do projeto de implantação de Sistemas ERP

Algoritmo da folga mínima

O algoritmo da folga mínima, desenvolvido por Contador (2000) para determinar os caminhos K-críticos numa rede PERT, baseia-se na constatação de que a folga total de uma atividade é definida pelo caminho mais longo que passa por essa atividade. Se existir uma atividade com folga $F(A_k)$, existirá um ou mais caminhos P_k , com igual folga, que passam exclusivamente por essa atividade. Assim ela pode ser escolhida como uma “semente” para a identificação desse, ou desses, caminhos.

Para determinar, por exemplo, o segundo caminho mais crítico do projeto ($K=2$), deve-se, inicialmente, localizar uma atividade com a segunda menor folga do projeto. Seja (j, k) esta atividade. A partir dela identifica-se a atividade seguinte adjacente a (j, k) , com início no evento k e cuja folga total é mínima. Assim, sucessivamente, através de um processo *forward*, até que a última atividade identificada conduza ao evento fim do projeto.

Procede-se de forma idêntica, através de um processo *backward*, a partir do nó j da atividade (j, k) inicialmente identificada, até que a última atividade escolhida conduza ao evento início do projeto. O caminho k-crítico será formado pela atividade (i, j) unida aos dois caminhos parciais identificados pelos processos *forward* (aquele que une o nó k ao nó final do projeto) e *backward* (aquele que une o nó inicial do projeto ao nó j).

Suponha que se deseja realizar o projeto em questão com 24 unidades de tempo (u.t.). Como a duração do projeto a partir dos tempos esperados das atividades é de 32 u.t., verifica-se que, além do caminho crítico (atividades B, C, D e F), facilmente identificável, existe ao menos um outro caminho que exceda a duração desejada. Esse caminho possui duração de 26 u.t. e passa pela atividade E, pois sua folga total é de 6 u.t. ($32 - 6 = 26$). Escolhendo então a atividade E como semente desse caminho a ser identificado, pelo processo *forward* incorpora-se a atividade F. Pelo processo *backward*, verifica-se que existem duas alternativas: atividade A ou C. Pelo procedimento, escolhe-se a atividade C (menor folga total). Na continuidade, escolhe-se a atividade A e o caminho identificado, com duração de 26 u.t. é então BCEF.

Algoritmo do Mínimo Corte

Sabe-se que os caminhos do projeto em questão formados pelas atividades $\{B, C, D, F\}$ e $\{B, C, E, F\}$ precisam ser acelerados. Para aplicar o algoritmo do Mínimo Corte deve-se classificar as atividades desses caminhos em dois grupos: (a) grupo das atividades que segundo a avaliação gerencial, e por meio de ações identificáveis, possuem boa chance de funcionar com duração menor; (b) demais atividades.

Cria-se, então, uma rede de fluxo composta apenas pelas atividades dos caminhos a serem acelerados. Atribui-se aos arcos dessa rede limitantes inferior e superior para o fluxo, definidos de forma apropriada para, através da identificação do mínimo corte, determinar-se o conjunto apropriado de atividades que, uma vez aceleradas, reduzem a duração de todos os caminhos da rede de fluxo.

Essas atividades são então aceleradas de uma unidade de tempo. Repete-se este procedimento todo até que a duração desejada do projeto seja atingida. O conceito de mínimo corte é utilizado para localizar aquele conjunto formado pelo menor número de atividades que, ao terem sua duração alterada, aceleram todos os caminhos do projeto com duração superior ao seu prazo de conclusão desejado. O objetivo é deslocar o menor número de atividades do seu tempo esperado. Os limitantes do fluxo em cada arco são determinados da seguinte forma:

(a) para atividades (arcos) do grupo b: $[0, \infty]$

(b) para atividades do grupo a: $[0, N^k - I^k]$, onde N^k é o número de caminhos da rede de fluxo (que necessitam ser acelerados) na iteração k , e I^k é o número de caminhos da rede de fluxo da iteração k aos quais a atividade pertence.



Assim, se uma atividade não pode ser acelerada (grupo b) ela jamais estará presente no corte mínimo e portanto nunca será acelerada. Por outro lado, se uma atividade pertencente ao grupo estiver presente nos N caminhos da rede de fluxo ela será necessariamente escolhida.

A Tabela 3, fornece o resultado da aplicação do algoritmo do mínimo corte para as oito iterações que levam à solução final. Inicialmente, a rede de fluxo é composta pelos caminhos (B, C, D, F) e (B, C, E, F) e, com exceção da atividade F, todas as demais foram consideradas possíveis de aceleração (grupo a). Na iteração k = 4 a atividade B foi excluída do grupo a (considerada imprópria para ser acelerada), acontecendo o mesmo com a atividade C na iteração k = 6. Na iteração k = 2 o caminho (B, C, E, F) atingiu a duração desejada. Assim, a rede de fluxo passa a ser composta apenas pelo caminho (B, C, D, F). Na iteração k = 8, a duração de todos os caminhos atende ao prazo desejado e a duração resultante das atividades fornece a solução.

Iteração k	Atividades do grupo (a)	Atividade escolhida	Duração das atividades						Caminhos da rede de fluxo [duração]
			A	B	C	D	E	F	
Início	B, C, D, E	-	4	10	6	12	6	4	(BCDF) [32] (BCEF) [26]
1	B, C, D, E	B	9						(BCDF) [31] (BCEF) [25]
2	B, C, D	B	8						(BCDF) [30] (BCEF) [24]
3	B, C, D	B	7						(BCDF) [29]
4	C, D	C	7	6					(BCDF) [28]
5	C, D	C	7	4					(BCDF) [27]
6	D	D	7	4	11				(BCDF) [26]
7	D	D	7	4	10				(BCDF) [25]
8	D	D	4	7	4	9	6	4	(BCDF) [24]

TABELA 3. Resultado da aplicação do Algoritmo do Mínimo Corte

6. Comentários e considerações finais

Objetivou-se a melhoria da qualidade do serviço prestado pela empresa fornecedora de aplicativos de sistemas ERP, facilitando o cumprimento de prazos e os cronogramas preestabelecidos. Verificou-se que ambos fatores analisados, ano de implantação do ERP, e porte da empresa - cliente, possuem grande influência no tempo total de implantação destes sistemas; tornando possível a segmentação dos clientes em grupos distintos, seguindo os níveis dos fatores estudados.

Essa classificação, facilita o acesso às informações cadastradas em históricos, na medida em que é possível realizar comparações, ou até *benchmarking* entre empresas nas mesmas condições. Por exemplo, para afirmar que é possível implementar o ERP em seis meses, é necessário conhecer as condições do projeto, se a empresa é de porte pequeno, ou médio. Da mesma forma, não se pode estimar que serão necessários ao menos dois anos para a implantação. Esta variável, tempo de implantação do sistema, depende de alguns fatores, que analisados no presente trabalho, esclarecem e facilitam definições de prazos.

A determinação da duração de um projeto para a empresa estudada, antes de sua realização, é programada, atualmente, através de empirismo, e da analogia com outras empresas e outros projetos. Conhecendo-se a classificação das empresas, a determinação dos prazos adquire maior confiabilidade. O estudo sobre a influência de fatores, permite um melhor planejamento sobre a duração total do projeto. Entretanto, a determinação de prazos com maior confiabilidade não é suficiente para melhorar a qualidade da empresa.

Para completar o estudo, foram utilizadas técnicas de gerenciamento de projetos, que permitem o controle sobre o prazo definido ao longo de cada atividade.

Assim, a técnica PERT, permitiu o planejamento e o controle de todo o projeto, bem como, encontrar as atividades críticas facilitando o gerenciamento dos recursos ao longo do projeto. Com os resultados obtidos através da aplicação dos algoritmos, detectou-se que algumas atividades críticas são o desenho



da solução e a análise operacional. Este resultado, facilita o gerenciamento do projeto, pois indica em que fases são necessários maior controle e investimentos, e quais outras possuem alguma folga.

Referências Bibliográficas

- [1] CAMPOS, V. F., **Gerenciamento da Rotina do Trabalho do dia-a-dia**. Ed. DG. Belo Horizonte, 1994.
- [2] CONTADOR, J. L. Algoritmo da folga mínima para determinação do caminho K-crítico em redes PERT. In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Anais. Campos do Jordão, SP, novembro, 2001.
- [3] CONTADOR, J.L. Modelos para análise do fator tempo no projeto. Relatório Técnico DPD/FEG/UNESP. Guaratinguetá, 1999.
- [4] CONTADOR J.L. Gerenciamento de projetos com PERT/CPM. In: Contador J. C. **Gestão de Operações**. 1997. Ed. Edgard Blücher. São Paulo.
- [5] COSTA NETO, P. L. O. **Estatística**, 2^a. edição. 2001. Ed. Edgard Blücher, São Paulo.
- [6] GOMES, C. e VANALLE, R. Aspectos Críticos para a Implantação de Sistemas ERP. In: Encontro Nacional da Engenharia de Produção. Anais. Salvador, 2001.
- [7] MONTGOMERY, D. C. **Diseño y Análisis de Experimentos**. 1991. Grupo Ed. Iberoamérica. Tradução: Jaime Delgado Saldivar, México – DF.
- [8] PRADO, D., **PERT/CPM**. 1998. Editora DG, Belo Horizonte.
- [9] STRAUSS, R. **Managing Multimedia Projects**. USA: Butterworth-Heinemann, 1997.