



## SELEÇÃO DE ATIVIDADES CRÍTICAS EM PROJETOS COM AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO

**Caroline Maria Guerra de Miranda**

Universidade Federal de Pernambuco

Cx. Postal 7462, Recife -PE, 50.630-970, carolmm@npd.ufpe.br

**Adiel Teixeira de Almeida**

Universidade Federal de Pernambuco

Cx. Postal 7462, Recife -PE, 50.630-970, aalmeida@npd.ufpe.br

### Resumo

O gerenciamento de projetos é um negócio caracterizado por falhas, geralmente ocasionadas por incertezas e julgamentos incorretos das urgências do projeto. A maioria dos gerentes não focalizam sobre os aspectos críticos dos projetos. Considerando esses fatores, propõe-se estudar os aspectos críticos do projeto usando apoio multicritério à decisão. Isto é, planejar e programar as atividades em função de outros aspectos além do tempo. Para isso, são determinadas as atividades críticas com relação ao tempo mediante as técnicas PERT/CPM em seguida são priorizadas as atividades, inserindo os novos critérios alocados ao projeto, aplicando o método multicritério ELECTRE.

Palavras-chave: PERT/CPM, multicritério, ELECTRE.

### Abstract

*Project management is a business characterised by failure. This leads to failure generally for two reasons: uncertainties and misjudgement of a project's urgency. Most managers do not focus on the critical issues. This work deals with a study of the critical issues of project management based in multicriteria decision. That is, planning and programming activities should be based on other aspects beyond the time. That's why the critical activities are assigned regarding to the time by means of technique PERT/CPM. Then, the activities are prioritised by inserting new criteria using the ELECTRE methods.*

*Key-words: PERT/CPM, Multicriteria, ELECTRE*

### 1 Introdução

O gerenciamento de grandes projetos é uma tarefa difícil, considerando a complexidade, as incertezas e o grande número de atividades envolvidas. Para gerenciamento desses projetos foram desenvolvidas técnicas de planejamento e controle para apoiar os gerentes. Essas técnicas, muito usadas atualmente, são o PERT e o CPM, que foram difundidas em uma só.

Tradicionalmente as técnicas PERT/CPM determinam o caminho crítico, e conseqüentemente as atividades críticas, com base no prazo/tempo. No entanto, o gerenciamento de projetos é um negócio caracterizado por falhas, geralmente ocasionadas por incertezas e julgamentos incorretos das urgências do projeto. Segundo Greek e Pullin (1999) a maioria dos gerentes não focalizam sobre os aspectos críticos dos projetos, planejando as atividades de forma otimista e sem uma base de fundamentação para o planejamento.

Considerando esses fatores, propõe-se estudar os aspectos críticos do projeto usando apoio multicritério à decisão. Isto é, planejar e programar as atividades em função de outros aspectos além do tempo, tais como priorizar atividades de baixa segurança, alto custo, dentre outros aspectos que sejam

relevantes para o gerente. Para isso, são determinadas as atividades críticas com relação ao tempo mediante as técnicas PERT/CPM em seguida são priorizadas as atividades, inserindo os novos critérios alocados ao projeto, aplicando o método multicritério ELECTRE.

## 2 Análise do problema.

Segundo Slack et al (1995), o processo de planejamento de grandes projetos pode ser descrito em cinco etapas, visualizadas na Figura 1 a seguir.

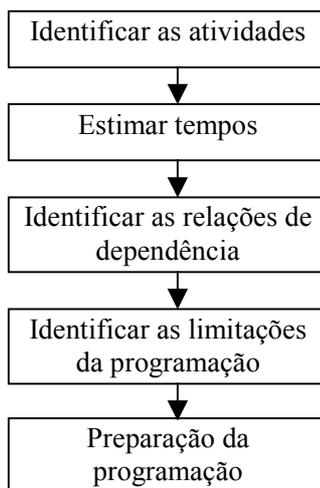


Figura 1 – Esquema do processo de planejamento de grandes projetos

A identificação das atividades é a desmembração do projeto em partes possíveis de serem gerenciáveis. São chamadas de atividades, as operações que consomem tempo e recursos. Dependendo do objetivo e do contexto do problema, o desmembramento do projeto em atividades pode ser elaborado de forma mais detalhada ou não. Este desmembramento proporciona maior clareza e definição do processo.

Identificadas as atividades, é preciso estimar os tempos necessários para execução dessas atividades. Segundo as técnicas de planejamento e programação de projetos, as estimativas de tempo irão fundamentar o processo de tomada de decisão. Considerando o ambiente incerto que envolve os projetos de construção, é bastante razoável considerar estimativas probabilísticas no processo.

Essas estimativas de tempo das atividades podem ser feitas através de avaliações Bayesianas, na qual usa a probabilidade a priori, conhecida como uma probabilidade medida com o conhecimento subjetivo ou grau de crença de um especialista. As avaliações Bayesianas são utilizadas quando uma característica não é completamente conhecida (quando há incerteza quanto ao comportamento desta característica), sendo possível obter informação probabilística baseado no conhecimento a priori de um especialista no assunto. O conhecimento a priori pode ser expresso em termos de probabilidade a priori e segue todos os postulados básicos da teoria da probabilidade. Assim na análise Bayesiana os parâmetros desconhecidos são considerados como uma variável aleatória. (Almeida, 1999).

Uma hipótese que se faz, freqüentemente, é que os tempos das atividades são distribuídos segundo uma distribuição beta. Através de elicitação com o especialista são encontradas as estimativas Otimista, Mais provável e Pessimista. A duração média e o desvio padrão de cada atividade podem ser obtidos através da relação:

$$t = 1/6.(a+4m+b) \quad (4.1)$$

$$\sigma = 1/6.(b-a) \quad (4.2)$$

onde:  $a$ ,  $m$  e  $b$  são respectivamente as estimativas Otimista, Mais provável ( representa a moda da distribuição beta) e Pessimista.

A próxima etapa consiste em identificar as relações de dependência entre as atividades. Estas relações dependem da lógica do projeto, sendo definidas pelo responsável pela execução do projeto. Vale destacar que algumas atividades podem não ter nenhuma relação de dependência com as outras. A identificação correta dessas dependências é fundamental para desenvolver o processo de planejamento.

Em seguida devem ser identificadas as limitações da programação. Estas limitações estão relacionadas à disponibilidade de recursos e de tempo. Por fim, dadas as informações levantadas, faz-se a programação das atividades. Por exemplo, quando há limitação de tempo, a programação das atividades é baseada em função de uma data prevista para término.

Esse processo de planejamento e programação de grandes projetos pode ser auxiliado por técnicas que ajudam a gerenciar sua complexidade. Essas técnicas de planejamento e controle de projetos foram inicialmente desenvolvidas por engenheiros e planejadores que trabalhavam com projetos complexos de defesa e construção civil. Em 1957 foi desenvolvida a técnica CPM (Critical Path Method), preocupando-se em determinar as relações entre as atividades e o caminho crítico, e em 1958 foi desenvolvida a técnica PERT (Program Evaluation and Review Technique), incorporando incertezas nas estimativas de tempo das atividades.

Na visão PERT/CPM, um projeto pode ser visualizado como um conjunto de operações conduzidas numa certa seqüência para atingir dados objetivos. Identificadas as atividades, elas podem ser representadas e ordenadas em um Digrama de Rede que mostra as diversas seqüências de atividades (caminhos) e enfatiza o caminho crítico em função do tempo. Isto é, em função da folga que cada atividade possui. Este caminho crítico é o que tem a maior duração dentre todos os outros, e é ele quem governa a duração do projeto. Assim, as atividades que fazem parte do caminho crítico são gerenciadas com maior atenção, pois um atraso nessas atividades acarretará em um atraso na duração total do projeto. (Moreira, 1993).

Tradicionalmente as técnicas PERT/CPM, determinam o caminho, e conseqüentemente as atividades críticas, com base no prazo/tempo. Greek & Pullin (1999), destacam que a maioria dos gerentes não focalizam sobre os aspectos críticos dos projetos. O gerenciamento de projetos é um negócio caracterizado por falhas. Estas falhas são ocasionadas por duas razões: incertezas de ordem técnica e julgamentos incorretos das urgências do projeto. Estas falhas não estão diretamente ligadas à abandono, isto pode até acontecer, mais por exemplo, estão significativamente relacionadas ao tempo ou ao orçamento.

Considerando esses fatores, propõe-se estudar os aspectos críticos do projeto usando apoio multicritério à decisão. Isto é, as atividades não seriam priorizadas com base, apenas, no critério tempo, sendo considerados outros critérios, tais como segurança, custos, variâncias, dentre outros que sejam relevantes para o gerente. Poderiam ser determinadas as atividades críticas usando as técnicas PERT/CPM (critério tempo) e em seguida aplicaria o método multicritério inserindo os novos critérios alocados ao projeto.

Nesse caso, o critério tempo é representado pela folga de cada uma das atividades, isso porque o fato de uma atividade ter uma grande duração não a torna imediatamente crítica. A criticidade das atividades, no caso das técnicas PERT/CPM, está relacionada com a folga.

Construídas as redes PERT/CPM e definidos os aspectos críticos do projeto (novos critérios), o método de apoio a decisão multicritério pode então ser aplicado em duas situações diferentes: quando o caminho crítico tem folga igual a zero e quando a folga é diferente de zero. Na primeira, quando o caminho crítico do projeto tem folga igual zero, o projeto está amarrado a uma data de termino, prevista, sem qualquer flexibilidade de tempo e as atividades do caminho crítico não podem sofrer qualquer atraso. Essas atividades do caminho crítico são consideradas imediatamente prioritárias, independentemente da aplicação do método multicritério, sendo então retiradas do processo.

As atividades que não fazem parte do caminho crítico irão compor o modelo multicritério de apoio à decisão. São levantadas as avaliação de cada uma das atividades para cada um dos novos critérios considerados e então, é aplicado o método de decisão multicritério. Aplicado o método, são selecionadas as novas alternativas prioritárias, que devem ser gerenciadas com maior atenção. Farão parte do conjunto

de alternativas críticas aquelas que participam do caminho crítico e as selecionadas com o uso do método multicritério.

Na segunda situação, quando o caminho crítico do projeto não tem folga igual zero, todas as atividades do projeto irão compor o modelo de decisão multicritério. Nesse caso, o critério tempo (representado pela folga das alternativas, encontrado através da construção da rede PERT/CPM) participará do conjunto de critérios do modelo de decisão. Serão levantadas as avaliações de todas as alternativas para todos os novos critérios e para o critério tempo. Aplica-se o método multicritério e seleciona-se as alternativas prioritárias.

Esse modelo de gerenciamento de projetos usando multicritério pode visualizado pelo esquema a seguir (Figura 2).

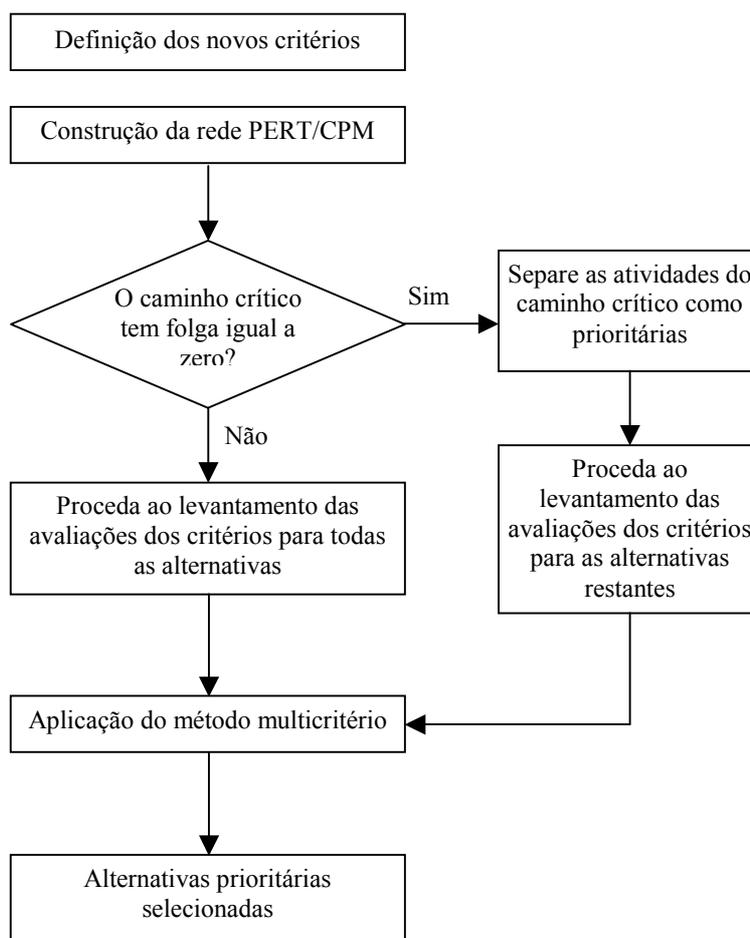


Figura 2 - Modelo de Gerenciamento de Projetos

### 3 Método Multicritério: ELECTRE.

Os métodos ELECTRE (Elimination and Choice Translating algorithm) fundamentam-se na construção de uma relação de sobreclassificação que incorpora as preferências estabelecidas pelo decisor diante dos problemas e das alternativas disponíveis. A relação de sobreclassificação  $S$  é uma relação binária definida em  $A$  tal que  $aSb$ , se  $a$  é pelo menos tão boa quanto  $b$ . Essa relação não exige a transitividade (Roy, 1974).

Segundo Roy (1996), estes métodos baseiam no estudo de sobreclassificação em uma lógica não compensatória (razão de substituição), com poder de veto usando as noções de concordância e de

discordância. As relações de sobreclassificação são construídas de tal forma que uma alternativa é tão boa quanto a outra, nas seguintes condições: Uma maioria suficiente de critérios, considerando as suas importâncias, apoia esta proposição (princípio da concordância) e a oposição da minoria não é considerada forte o suficiente para discordar desta proposição. Estes métodos são caracterizados por duas etapas. Na primeira são construídas as relações de Sobreclassificação, que representam as preferências estabelecidas pelo decisor. Na segunda, estas relações são exploradas a fim de ajudar o decisor a resolver o seu problema.

A família ELECTRE é composta pelos métodos ELECTRE I, II, III, IV, IS e TRI. Tais métodos são também denominados métodos de subordinação (termo em inglês: outranking). Os métodos da família ELECTRE revelam grande potencial de aplicação, devido à flexibilidade ao enquadramento das problemáticas. O ELECTRE I é destinado a problemáticas de seleção ( $P.\alpha$ ), o ELECTRE II, III e IV estão enquadrados em problemáticas de ordenação ( $P.\gamma$ ), onde o III e o IV consideram pseudo- critérios, o ELECTRE TRI é destinado a problemáticas de classificação ( $P.\beta$ ) com pseudo- critérios, e por fim o ELECTRE IS está enquadrado em problemáticas de seleção ( $P.\alpha$ ) com pseudo- critérios.

A seguir é apresentado uma breve descrição do ELECTRE I, que será aplicado no problema de priorização de atividades críticas, para apoio no gerenciamento de projetos.

### 3.1 Visão Geral do Método ELECTRE I.

O ELECTRE I é um método que busca eliminar alternativas superadas de acordo com um conjunto de pesos atribuídos pelo decisor a cada objetivo do problema. O método foi construído para problemas de escolha, ou seleção ( $P.\alpha$ ), e busca obter um subconjunto N de ações de tal forma que qualquer ação que não estiver em N é sobreclassificada por pelo menos uma ação de N. Esse conjunto N de ações é o conjunto que contém as ações mais satisfatórias à luz dos critérios estabelecidos. (Vincke, 1992).

Segundo Olson, o ELECTRE I busca reduzir o conjunto de ações (alternativas) A para o menor possível, por meio de índices de concordância e discordância que medem a vantagem e desvantagem relativa par a par entre as alternativas.

A cada critério é atribuído um peso  $p_j$  que cresce em função da importância relativa do critério e, em seguida, as relações de sobreclassificação são obtidas par a par entre alternativas por meio dos índices de concordância  $C(a, b)$  e discordância  $D(a, b)$  e dos seus respectivos limiares de concordância  $c$  e discordância  $d$ .

O índice de concordância  $C(a, b)$  é obtido em função dos pesos dos critérios, tomando valores entre 0 e 1. Assim, esse índice indica uma medida, em proporção de pesos, no qual a alternativa  $a$  supera a alternativa  $b$ , isto é, mede a força dos argumentos em favor da afirmativa  $aSb$  (lê-se  $a$  sobreclassifica  $b$ ).

O índice de concordância pode ser calculado pela fórmula abaixo (Vincke, 1992):

$$C(a,b) = \frac{1}{P} \sum_{j: g_j(a) \geq g_j(b)} p_j, \quad \text{onde } P = \sum_{j=1}^n p_j \quad (3.1)$$

Geralmente, os pesos dos critérios são definidos de forma que a soma seja igual a 1. Fazendo isto, o denominador na fórmula do índice de concordância reduz-se a 1, facilitando os cálculos.

O índice de discordância  $D(a, b)$  mede a força dos critérios em favor de  $b$ , calculando a maior distância relativa entre as alternativas  $a$  e  $b$ , onde  $b$  é preferível a  $a$ . Assim, esse índice toma valores entre 0 e 1, e cresce na medida que a preferência de  $b$  sobre  $a$  venha a ser grande para pelo menos um critério.

O índice de discordância pode ser calculado pela fórmula abaixo (Vincke, 1992):

$$D(a,b) = \begin{cases} 0 & \text{se } g_j(a) \geq g_j(b), \forall j \\ \frac{1}{\delta} \max_j [g_j(b) - g_j(a)], n.c & \text{onde } \delta = \max_{c,d,j} [g_j(c) - g_j(d)] \end{cases} \quad (3.2)$$

$g_j(c)$  = maior avaliação no critério j

$g_j(d)$  = menor avaliação no critério  $j$

As diferenças  $[g_j(b) - g_j(a)]$  são comparadas entre os critérios, em que  $g_j(b) > g_j(a)$ , escolhendo-se, dentre os critérios, a diferença  $[g_j(b) - g_j(a)]$  de maior valor. Quando possível, normaliza-se os dados de entrada das alternativas, de forma que variem entre 0 e 1.

Para encontrar as relações de sobreclassificação, o decisor deve estabelecer um valor para os limiares de concordância  $p$  e discordância  $q$ , para construir as relações de sobreclassificação:

$$aSb \quad sse \quad \begin{cases} C(a,b) \geq c \\ D(a,b) \leq d \end{cases} \quad (3.3)$$

Como os índices de concordância e discordância variam entre 0 e 1, os limiares  $c$  e  $d$  também devem ser definidos nesse intervalo.

O limiar de discordância  $d$  tem a característica de veto, ou seja, veta a sobreclassificação de  $a$  sobre  $b$ , quando para, pelo menos em um critério, a diferença relativa entre  $b$  e  $a$  for maior que  $d$ .

Passada a etapa de construção do modelo, segue-se a etapa de investigação, quando as relações de sobreclassificação são utilizadas com vista a uma recomendação: seleciona-se um conjunto  $N$  de alternativas com o melhor compromisso. Esse conjunto  $N$ , também chamado de *kernel*, é encontrado de tal forma que qualquer ação que não estiver em  $N$  é sobreclassificada por, pelo menos, uma ação de  $N$ , e as ações de  $N$  são incomparáveis. Para isso, procede-se da seguinte forma:

1 – Obtém-se o circuito de sobreclassificação com a definição dos parâmetros e seleciona-se um conjunto  $N'$  de alternativas que não foram sobreclassificadas por nenhuma outra.

2 – Dentro desse conjunto  $N'$ , determina-se o conjunto  $N$  de alternativas que não foram sobreclassificadas por  $N'$ . Esse conjunto  $N$  é então o conjunto de alternativas com o melhor compromisso, também chamado de *kernel*.

Uma das formas de encontrar o conjunto  $N$  é fazer uma análise mais refinada das ações do *kernel*, ou seja, uma análise de sensibilidade, mediante variações nos pesos dos critérios e nos limiares de concordância e discordância do modelo ( $p_j$ ,  $c$  e  $d$ ) para verificar sua robustez (Vincke, 1992).

Quando efetua-se a análise de sensibilidade é interessante analisar o comportamento do *kernel*. Para um valor de  $c$  relativamente pequeno e um valor de  $d$  relativamente alto, o *kernel* tende a diminuir, já que há pouca exigência para que ocorra a relação de sobreclassificação, sobrando poucas alternativas que não são sobreclassificadas por nenhuma outra. No entanto quando  $c$  é muito pequeno e  $d$  muito grande o *kernel* tende a aumentar, pois pode não formar nenhuma relação de sobreclassificação e então todas as alternativas irão para o *kernel*. Nesse caso, também é comum aparecerem ciclos (onde ocorre  $aSb$  e  $bSa$ , pois a relação binária  $S$  é não transitiva e não é assimétrica nem simétrica). Vale salientar que isto não é uma regra, porém quando se aumenta a exigência dos limiares  $c$  e  $d$ , ou seja, para um valor de  $c$  relativamente alto e um valor de  $d$  relativamente baixo, o *kernel* tende a aumentar. Nesse caso, poucas relações de sobreclassificação são formadas, havendo pouca informação.

#### 4 Estudo de caso.

É apresentado um estudo de caso da aplicação do modelo de gerenciamento de projetos no planejamento da construção de uma subestação de energia elétrica. Este estudo de caso é baseado em dados de uma empresa de energia elétrica do Estado de Pernambuco.

O projeto da subestação foi definido pelos seus responsáveis, sendo definidas características operacionais (capacidade, localização, ...) e características estratégicas (qualidade do projeto, flexibilidade na capacidade da linha ou de expansão, prazo de entrega, dentre outros). Definidas as principais características da subestação passou-se a analisar o seu processo de construção.

A análise do processo de construção seguiu as etapas proposta por Slack et al (1995), para o processo de planejamento de grandes projetos. Inicialmente foram identificadas as atividades que compõem o processo de construção da subestação. Foram identificadas 33 atividades que podem ser visualizadas na Tabela 4.1. Identificadas as atividades utilizou-se os modelos probabilísticos de conhecimento a priori de um especialista para estimação de tempo das atividades. Nesse caso, o

especialista foi a pessoa responsável pelo planejamento e execução da subestação. Foram levantadas as estimativas Pessimista, Mais provável e Otimista de cada uma das atividades.

Em seguida foram identificadas as relações de dependência entre as atividades, mediante entrevista com o responsável pela execução do projeto e identificadas as limitações da programação. Foi também estabelecido o tempo de termino do projeto, que deve ter uma duração máxima de 625 dias.

Para efeito de aplicação essas atividades foram rotuladas de A1 a A33. Estas atividades envolvem aspectos de estudo de mercado até o completo comissionamento da subestação. A Tabela 4.1 apresenta as atividades, suas estimativas de tempo (em dias) e suas dependências.

*Tabela 4.1 – Atividades, estimativas de tempo e dependências*

Atividades	Duração (dias)			Predecessoras
	Pessimista	Mais Provável	Otimista	
A1 Topologia de rede	1	1	1	
A2 Teto orçamentário	1	1	1	
A3 Diagramas do sistema	1	1	1	
A4 Estudo do mercado	80	90	70	
A5 Levantamento de necessidades	75	90	75	A1;A4
A6 Definição de custos da obra	28	30	2	A5
A7 Benefícios técnico-econômicos	25	30	5	A5
A8 Seleção das obras	27	30	3	A2;A6;A7
A9 Plano executivo	25	30	5	A3;A8
A10 Relação de compras	10	20	0	A9
A11 Escolha do Terreno	5	5	5	A9
A12 Projeto básico	55	60	35	A9
A13 Aquisição de terreno	15	15	15	A11
A14 Projeto executivo civil	80	90	70	A11;A12
A15 Projeto executivo eletromecânico	55	60	35	A11;A12
A16 Projeto executivo MPCC	65	90	85	A12
A17 Esp. de contrato de serviço	15	30	15	A14;A15;A16
A18 Aquisição do componente SE	52	60	38	A10
A19 Form. aquisição do terreno	58	60	32	A13
A20 Contratação construção SE	100	135	140	A17
A21 Terraplenagem	35	45	25	A19;A20
A22 Instalação da Malha de terra	25	30	5	A19;A20
A23 Bases	24	30	6	A21;A22
A24 Casa de comando	54	60	36	A21;A22
A25 Via de acesso	22	30	8	A21;A22
A26 Canaletas	54	60	36	A21;A22
A27 Montagem do MPCC	28	30	2	A18;A24;A26
A28 Equipamentos	80	90	70	A18;A23;A24
A29 Barramentos	21	30	9	A18;A23
A30 Comissionamento Malha de terra	10	10	10	A22
A31 Comissionamento equipamentos	20	30	10	A28;A30
A32 Comissionamento do MPCC	10	10	10	A27
A33 Comissionamento SE	26	30	4	A31;A32

A etapa seguinte consiste em construir a rede PERT/CPM, que foi montada através do software MS project. A aplicação dessa técnica resultou na rede de atividades, destacando o caminho crítico (caminho mais longo e que possui a mesma folga). As atividades pertencentes ao caminho crítico estão destacadas com borda dupla (Figura 4.2).

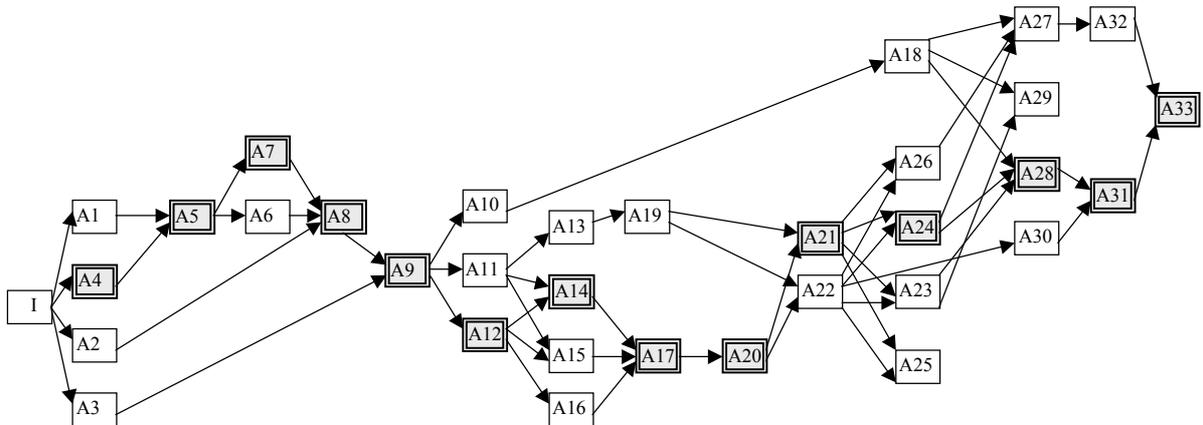


Figura 4.2 – Rede PERT/CPM.

Construída a rede PERT/CPM, foram discutidos os aspectos críticos do projeto. Verificou-se que um dos fatores críticos estava relacionado com a segurança. Este fator é devido à algumas atividades da construção da subestação serem complexas, devendo ser realizadas com maior cuidado. Esta complexidade pode estar relacionada a dificuldade em executar a tarefa ou ao risco em causar danos a saúde dos trabalhadores. Esse critério pode ser expresso em termos qualitativos, utilizando uma escala crescente variando de 1 a 5. (Tabela 4.2).

Tabela 4.2 – Critério segurança.

Segurança	Escala
Ruim	1
Insuficiente	2
Razoável	3
Boa	4
Muito Boa	5

O custo também foi considerado um fator crítico. As atividades de maior custo devem ser gerenciadas com maior cuidado, pois um problema nessas atividades pode gerar um aumento significativo no orçamento do projeto. Outro fator que também foi considerado crítico é a variância das atividades. Algumas atividades possuem alta variância (representada pelo desvio padrão). Isto acontece quando o gerente tem menos informações sobre as atividades ou porque não tem muita experiência em executá-las. Essas atividades também devem ser priorizadas.

O desvio padrão de cada uma das atividades é calculado pela fórmula:  $\sigma_j = 1/6(b-a)$  e o desvio padrão total do projeto é raiz quadrada da soma das variâncias das atividades do caminho crítico.

$$\sigma_{\text{projeto}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sigma_i^2}$$

Segundo o modelo de gerenciamento de projetos descrito na seção 2, a próxima etapa consiste em analisar a rede PERT/CPM e verificar se a folga do caminho crítico é igual a zero. A duração do caminho crítico é igual a soma das durações médias de cada uma das atividades pertencentes ao caminho crítico.

Data mais cedo do projeto = Duração do caminho crítico = 595,83 dias < 625 dias. Isto é, a folga do caminho crítico é 29,17 ≠ 0. Como essa duração é menor que a data limite de término da construção da subestação, todas as atividades participarão do modelo e um dos critérios de priorização será a folga das atividades.

O passo seguinte é levantar as avaliações de cada um dos critérios para todas as alternativas. No caso específico do critério folga a avaliação é encontrada pela aplicação da técnica PERT/CPM. As avaliações dos critérios podem ser visualizadas na Tabela 4.3 abaixo.

*Tabela 4.3 – Aspectos críticos do projeto.*

Atividades	Duração	Folga	Segurança	Custo	Desvio padrão
------------	---------	-------	-----------	-------	---------------

Na etapa de construção do modelo, quando foi definido os aspectos críticos do projeto junto ao decisor, foi também necessário estabelecer o grau de importância entre eles, ou seja, a importância relativa dos critérios, sendo representados por Pesos. Foi encontrada a seguinte relação:  $\text{Custo} \geq \text{Desvio padrão} > \text{Folga} \geq$

c=0,6 d=0,3		
A29 >	{ A2, A3, A13, A25,	}
A30 >	{	}
A31 >	{ A1,	}
A32 >	{ A1,	}
A33 >	{ A1,	}

Construídas as relações de sobreclassificação passa-se a etapa de investigação para seleção das atividades prioritárias. As atividades { A12, A16, A18, A20, A21, A24, A27, A28 } não foram sobreclassificadas por qualquer outra alternativa, formando então o conjunto N'. Dentro do conjunto N', as atividades que não foram não foram sobreclassificadas nenhuma outra atividade pertencente a N' foram { A12, A16, A18, A20, A21, A24, A27, A28 }. Esse novo conjunto (N) possui as atividade prioritárias. (nesse caso N' é igual a N).

Analisando as atividades selecionadas como prioritárias, percebe-se que outras atividades, que não pertencem ao caminho crítico encontrado pela técnica PERT/CPM, são consideradas como atividades críticas no gerenciamento de projetos de construção. As atividades A16 e A18 possuem alto custo e baixo nível de segurança, devendo ser priorizadas. A atividade A16 possui também um desvio padrão alto, o que mostra que, provavelmente, o gerente não tem muita experiência em executá-la. A atividade A27, em especial tem um baixo nível de segurança ou uma alta complexidade de execução. As atividades A12, A20, A21, A24 e A28 pertencem ao caminho crítico encontrado pela técnica PERT/CPM. Essas atividades merecem atenção especial pois além de contribuir no comando da duração final do projeto, possuem outros aspectos que interferem no sucesso de sua execução.

As atividades prioritárias podem ser representadas em negrito no diagrama de rede. (Figura 4.3)

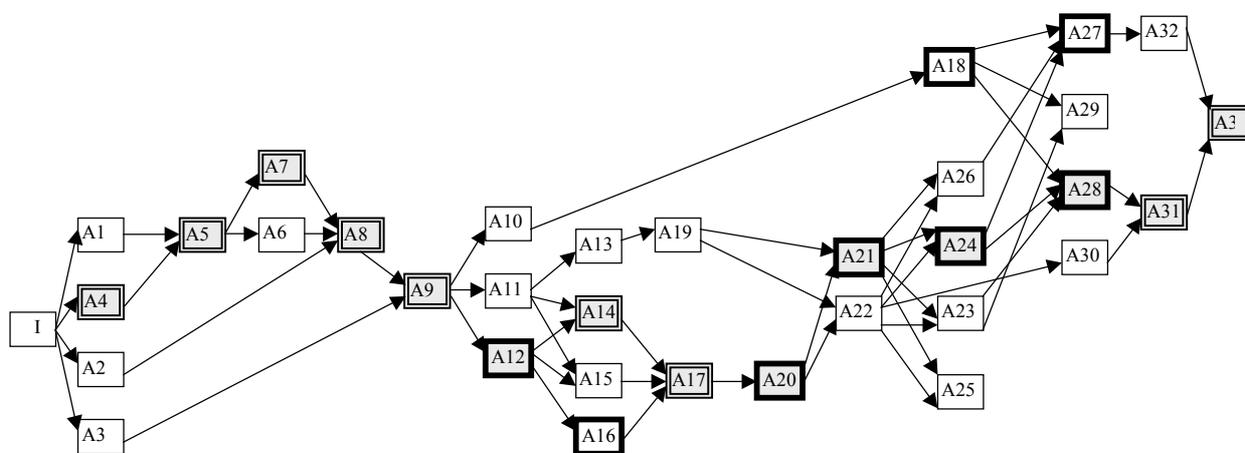


Figura 4.3 – Novo diagrama de rede com atividades prioritárias.

É recomendado efetuar simulações nos parâmetros do modelos par verificar a robustez do modelo. Assim, foram feitas simulações nos limiares  $c$  e  $d$  e nos pesos  $p_j$  dos critérios.

Diminuindo o valor de  $c$  de 0,8 para 0,7 e aumentando o valor de  $d$  de 0,2 para 0,3, espera-se selecionar um menor número de atividades, pois haverá pouca exigência para que ocorra a relação de sobreclassificação, sobrando poucas alternativas que não são sobreclassificadas por nenhuma outra. Para esses valores de  $c$  e  $d$ , as atividades selecionadas foram { A12, A20, A21, A27, A28 }. Nesse caso, as atividades A16, A18 e A24 não foram selecionadas.

Foram efetuadas outras simulações de  $c$  e  $d$ , variando-os para mais e para menos. O resultado dessas simulações variou pouco em relação ao encontrado inicialmente. No caso especial de  $c$  e  $d$  iguais a

0,5 todas as atividades foram sobreclassificadas, de forma que o conjunto  $N'$  foi vazio. Assim, todas as atividades entraram no kernel.

Variando os pesos dos critérios em 15% cada um, observa-se que as mesmas atividades permaneceram selecionadas.

## 5 Conclusão.

Este artigo apresenta um modelo de gerenciamento de projetos para seleção de atividades críticas usando método de apoio multicritério a decisão. As técnicas para planejar e coordenar projetos PERT/CPM, são utilizadas como apoio inicial para construção do diagrama de rede, caminho crítico e estimativas de tempo. Aliado as técnicas tradicionais de planejamento, o sucesso no gerenciamento de projetos pode ser alavancado com o apoio multicritério a decisão, em especial o método ELECTRE, considerando os aspectos críticos do projeto.

Foi apresentado um estudo de caso da aplicação do modelo de gerenciamento de projetos usando o método de decisão multicritério ELECTRE I. Esta aplicação permite selecionar as atividades prioritárias, que devem ser gerenciadas com maior atenção, em um projeto de construção de uma subestação baseado em dados de uma empresa de energia elétrica.

## Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, A. T.;** Seleção de contratos de serviço através de função utilidade aditiva de tempo de atendimento e custo. XXXI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Juiz de Fora, 1999.
- BERGER, J. O.** Statistical Decision Theory and Bayesian Analysis. Springer-Verlag, 1985.
- GOMES, L., F., A. ; GOMES, C., F., S., ALMEIDA, A. T. de.:** *Tomada de Decisão Gerencial: O Enfoque Multicritério*, Rio de Janeiro. Ed. Atlas, vol.1, 2002.
- GREEK, D. & PULLIN, j.:** Overrun, overspent, overlooked. *Professional Engineering*; Bury St. Edmunds. Vol. 12, n. 3 , pp. 27-28, 1999.
- KEENEY, R. & RAIFFA, H.:** *Decisions with Mutiple Objectives - Preferences and Value Trade-offs*. John Wiley & Sons, 1976.
- MOREIRA, D. L. A.** Administração da Produção e Operações; ED. Pioneira, 1993.
- MOUSSEAU V.; FIGUEIRA J. & NAUX JP.:** “Using assignment examples to infer weights for ELECTRE TRI method: Some experimental results.” *European Journal of Operational Research*. v. 130, n. 2, pp. 263-275, 2001.
- MOUSSEAU, V. & SLOWINSKI, R.:** “Inferring an ELECTRE TRI Model from Assignment Examples.” *Journal of Global Optimization*, n 12, pp. 157-174, 1998.
- OLSON, D. L.:** *Decision aids for eletion problems*. Springer, 1996.
- ROY, B.:** “Classement et Choix en Présence de Points de vue Multiples (la méthode Electre).” *Revue Française d’Informatique et de Recherche Opérationnelle*. v. 8, pp. 57-75, 1968
- ROY, B.:** “Critères Multiples et Modélisation des Préférences: l’apport des relations de surclassement” *Revue d’Economie Politique* 1, 1974. APUD Vincke (1992).
- ROY, B.:** *Multicriteria Methodology Goes Decision Aiding*. Kluwer Academic Publishers, 1996.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSON R.** Administração da Produção, Atlas, 1995.
- VINCKE, P.:** *Multicriteria Decision-Aid*. John Wiley & Sons Ltd. ISBN: 0-471-93184-5, 1992.
- YU, W.:** “ELECTRE TRI – Aspects Méthodologiques et Guide d’Utilisation”. Document du LAMSADE, 74 , Université de Paris – Dauphine, avril 1992.