

---

# *Análise de investimento em tecnologia: a experiência da Divisão de Economia e Engenharia de Sistemas do Instituto de Pesquisas Tecnológicas*

---

*Abraham Sin Oih Yu  
Paulo Brito Moreira de Azevedo*

No começo da década de 70, a direção do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) percebeu a necessidade e a importância de incorporar a análise econômica em seus trabalhos tecnológicos. As recomendações de visitantes do exterior, à época, incluindo consultores do *SRI International* e do *Battelle Memorial Institute*, também reforçavam a importância da capacitação em análise econômica de decisões sobre tecnologia. Em 1976, foi organizado um primeiro núcleo de pessoas com essa função e, em 1978, criou-se a Divisão de Economia e Engenharia de Sistemas (DEES) com as seguintes missões:

- realizar estudos sobre a interação entre a economia e a tecnologia industrial;
- apoiar as decisões e políticas de investimento em tecnologias, tanto para o Governo como para as empresas privadas, por meio de estudos técnico-econômicos.

No início, as atividades estavam voltadas principalmente para a viabilidade econômica de projetos ou programas tecnológicos, utilizando as técnicas de engenharia econômica. Ao longo dos anos, a Divisão expandiu a sua atuação para outras áreas relacionadas às suas missões, como as de economia industrial, economia de tecnologia, planejamento urbano e regional, engenharia de produção e engenharia de sistemas. Em meio a expansões e, às vezes, contrações, a DEES manteve-se atuando em avaliação de projetos tecnológicos ao longo dos últimos 20 anos. E, como consequência natural dessa acumulação de experiências, houve uma evolução bastante significativa dessa atividade desde a década de 70 até o presente momento.

Essa evolução envolve não só as técnicas de avaliação de projetos, como, por exemplo, a disponibilidade de *software* especializados, mas também o escopo de problemas. Essa mudança de escopo fez com que se alterasse o nome da atividade, antes chamada de **avaliação de projeto**, para **análise de investimento em tecnologia** (AIT).

O objetivo principal neste trabalho é sintetizar a experiência da DEES em avaliação de investimento em tecnologia, mostrando particularmente

Artigo baseado em apresentação realizada pelos autores no *Workshop on Evaluation of Scientific and Technological Research and Research Funding*, organizado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) em março de 1997. Os autores agradecem aos colegas da Divisão de Economia e Engenharia de Sistemas (DEES), os atuais e os que se encontram em outros postos de trabalho, e em especial a Regina Bueno, Edna Gubitoso, Marcos Rocha D'Ávó e Marcos Felipe Scalabrin, pelo apoio recebido.

Recebido em julho/1999  
2ª versão em janeiro/2000

---

*Abraham Sin Oih Yu* é Professor Doutor do Departamento de Administração da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo e Pesquisador da Divisão de Economia e Engenharia de Sistemas (DEES) do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT).  
E-mail: abraoyu@ipt.br

*Paulo Brito Moreira de Azevedo* é Pesquisador da Divisão de Economia e Engenharia de Sistemas (DEES) do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT).  
E-mail: pbrito@ipt.br

os problemas encontrados, a evolução das metodologias empregadas e as lições que a equipe da Divisão aprendeu nesses 20 anos.

Inicialmente, apresenta-se uma revisão da literatura sobre AIT e, em seguida, uma classificação e caracterização dos trabalhos de análise de investimento tecnológico da DEES. Nos tópicos seguintes discute-se cada classe de problema quanto às metodologias empregadas e as suas evoluções. Por último, nos comentários finais, tem-se uma reflexão sobre a experiência da DEES à luz da literatura existente sobre o tema em questão.

## REVISÃO DA LITERATURA SOBRE ANÁLISE DE INVESTIMENTO EM TECNOLOGIA

A literatura que trata da avaliação ou análise de investimento em tecnologia pode ser encontrada em várias áreas da Administração, sendo consideradas como principais as de gestão de projetos, orçamento de capital, engenharia econômica/matемática financeira, seleção de projeto de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e gestão da carteira de projetos de desenvolvimento de novos produtos. Cada área apresenta as suas próprias técnicas, mas em geral existe **intercâmbio** de técnicas entre as áreas. Por exemplo, todas utilizam, de alguma forma, as técnicas de orçamento de capital e/ou engenharia financeira baseadas em conceitos e metodologias de finanças. Vários autores apresentam classificações bastante similares dessas técnicas, geralmente de acordo com a linha metodológica utilizada (Souder & Mandakovic, 1986; Steele, 1988; Martino, 1995; Cooper, Edgett & Kleinschmidt, 1998; Galesne, Fensterseifer & Lamb, 1999). Na seqüência encontra-se uma classificação adaptada principalmente de Martino (1995), Steele (1988) e Souder & Mandakovic (1986).

Os métodos de avaliação ou análise podem ser classificados basicamente em quatro grupos, descritos a seguir.

- **Métodos clássicos**<sup>(1)</sup> — esses métodos são usados para **ordenar** os projetos segundo algum critério de prioridade. São geralmente simples de aplicar e entender. O método mais conhecido neste grupo corresponde a um conjunto de técnicas chamadas de *scoring*. Existem muitas variações dentro do *scoring* e, em termos gerais, utilizam uma fórmula matemática para produzir uma nota para cada projeto (Martino, 1995). Essa nota é, então, o meio de priorizar os projetos. Um exemplo simples de *scoring*, chamado de índices econômicos (Souder & Mandakovic, 1986), é representado pela fórmula:

$$T_I = P_I * M_I / C_I$$

onde:  $T_I$  é a nota do projeto  $I$ ;  $P_I$  é a probabilidade de sucesso do projeto  $I$ ;  $M_I$  é o benefício econômico do

projeto  $I$  e  $C_I$  é o custo do projeto  $I$ . Muitas variantes são empregadas para calcular o  $T_I$  de cada projeto; algumas podem ser bastante complexas. Outros métodos deste grupo são: *checklists*, perfil de projeto, comparação em pares (por exemplo, *Q-sort*) etc. Esses métodos são, em geral, utilizados na fase exploratória ou na análise preliminar de propostas de investimento, para a realização de triagem de grande número de projetos, e exigem, inicialmente, recursos de pequeno porte. As principais críticas com relação a esses métodos são: não lidam com as incertezas nos benefícios e custos e têm grande dependência dos julgamentos subjetivos dos *experts*.

- **Métodos financeiros convencionais**<sup>(2)</sup> — esses métodos são baseados em técnicas oriundas de orçamento de capital e engenharia econômica. As mais conhecidas são: valor presente líquido, taxa interna de retorno e período de *payback*. Todas trabalham exclusivamente com os aspectos financeiros dos projetos, isto é, com o fluxo de caixa do investimento. Essa é uma das desvantagens dessas técnicas. Contudo, esses métodos são muito utilizados na prática, pois, para qualquer investimento, o decisor quer ter uma idéia de seus custos e retornos. Os métodos financeiros convencionais geralmente não tratam de forma explícita as incertezas e os riscos envolvidos nos investimentos. No entanto, o tratamento explícito de incertezas está ganhando popularidade entre os praticantes. A incorporação de incertezas pode ser realizada por meio de metodologias de simulação (Martino, 1995) e de opções reais (Cooper, Edgett & Kleinschmidt, 1998).
- **Métodos de análise de decisões**<sup>(3)</sup> — são fundamentados na Teoria de Decisão, que trata formalmente as incertezas, as decisões seqüenciais, os objetivos múltiplos e a atitude em relação ao risco (teoria de utilidade). A árvore de decisão é uma das formas de representar uma decisão de investimento, sendo as técnicas financeiras rotineiramente incorporadas para descrever os fluxos de caixa para os diversos cenários, isto é, ramos da árvore. Os aspectos não financeiros podem ser incorporados aos modelos com objetivos múltiplos, como pode ser visto em Keeney (1992).
- **Métodos de programação matemática**<sup>(4)</sup> — esses métodos objetivam a otimização da composição da carteira de projetos, levando em consideração as interações entre os projetos quanto a recursos e resultados. Eles não avaliam os projetos individualmente, como os três grupos de métodos anteriores. A técnica mais citada na literatura, para essa finalidade, é a programação linear. Essas técnicas são basicamente determinísticas, não lidam com as incertezas envolvidas nos investimentos<sup>(5)</sup>.

Por causa da complexidade na sua formulação matemática e da exigência de muitos dados para a execução dos cálculos, os métodos deste grupo são bem menos utilizados do que os citados anteriormente (Steele, 1988).

- **Outros métodos** — neste grupo se encontram os métodos ainda pouco difundidos ou que são difíceis de classificar. Na primeira categoria tem-se os métodos Cognitivos, relatados em Martino (1995). Esses métodos utilizam as características dos projetos já avaliados como base para inferir, por meio de técnicas estatísticas ou *expert system*, a priorização de novos projetos. A suposição fundamental é a de que o padrão do passado se repetirá no futuro. Esses métodos podem ser úteis em ambientes estáveis, o que, certamente, não é o caso brasileiro. Outro método dessa categoria, relatado por Martino (1995), é o de *Cluster Analysis*. Na segunda categoria tem-se os *bubble diagrams* (diagramas de bolha), de Cooper, Edgett & Kleinschmidt (1998). São métodos que fornecem melhor apresentação visual dos resultados de avaliação, mas que, metodologicamente, não são diferentes dos quatro grupos acima. O diagrama de bolha pode ser empregado pelo método de *scoring*, apresentando em um eixo a “dificuldade de execução” e no outro a “importância do projeto”, bem como pela análise de decisão, tendo em um eixo a “probabilidade de sucesso técnico” e no outro o “valor presente líquido do projeto, dado o sucesso técnico”. A representação gráfica pode ser muito útil para o melhor entendimento dos resultados, mas há limitações: o diagrama de bolha pode mostrar, no máximo, três a quatro variáveis por vez.

Além de classificar e discutir as vantagens e desvantagens dos métodos, a literatura debate também os aspectos comportamentais e organizacionais na utilização das técnicas de AIT. Souder & Mandakovic (1986) comentam que as técnicas analíticas não consideram as emoções, os desejos e a lealdade das pessoas, e recomendam que todos os envolvidos no processo devem interagir, via rede de computadores, para melhorar o nível de participação. Steele (1988) acrescenta que um processo de seleção deve criar sentimento de comprometimento dos participantes com os resultados. Gupta & Mandakovic (1992) relatam estudos mostrando que as características pessoais, organizacionais e situacionais podem influenciar os julgamentos subjetivos, como, por exemplo, a estimativa de probabilidade de sucesso técnico. Matheson & Matheson (1998) identificaram as *best practices* em tomada de decisões em P&D e verificaram que as condições necessárias para uma organização implementar, com sucesso, essas práticas são: cultura de aprendizagem contínua que incorpore as incertezas e os riscos, estrutura organizacional que favoreça o fluxo de informações, processo de tomada de decisão descentralizado e alinhado com os objetivos da

empresa e compreensão sistêmica do seu ambiente de atuação (clientes, setor industrial e economia). Adicionalmente, esses autores apresentaram as principais barreiras organizacionais à implantação dessas práticas: visão de curto prazo no planejamento, dificuldades em mensurar os resultados de P&D e isolamento entre as áreas funcionais.

## TRABALHOS EM ANÁLISE DE INVESTIMENTO EM TECNOLOGIA DA DEES

Foi efetuado um levantamento dos projetos realizados pela DEES desde o final da década de 70, com base no banco de dados de projetos da Divisão. Esse banco contém, para cada estudo realizado pela DEES, o título do trabalho, o cliente, a data de entrega do relatório e o nome do gerente do projeto. As palavras-chave utilizadas foram: avaliação de projetos, análise de projeto, viabilidade econômica, pré-viabilidade, investimento e implantação. O resultado foi uma listagem com 41 trabalhos, sendo os mais antigos de 1977 e 1978. O banco de dados não contém todos os trabalhos efetuados pela DEES, pois a Divisão também é solicitada a realizar estudos de viabilidade ou análises de investimento para projetos de outras unidades do IPT. Conseqüentemente, os relatórios finais desses projetos são arquivados nas unidades responsáveis por eles. Para identificar esses estudos, os autores revisaram os seus próprios arquivos e conversaram com outros colegas do IPT; 11 projetos foram identificados dessa maneira. Acredita-se que os 52 trabalhos levantados representam uma parte muito significativa do esforço da DEES em análise de investimento em tecnologia.

Iniciou-se, então, uma triagem desses 52 trabalhos, tentando identificar, para cada um deles, a natureza do problema e a forma de resolução (dados utilizados, metodologias e recomendações finais). Os relatórios dos trabalhos em que não houve a participação dos autores deste artigo foram recuperados e analisados. Em relação aos que tiveram a participação de pelo menos um dos autores, discussões foram realizadas para a identificação de suas características e eventuais dúvidas foram dirimidas pela leitura dos respectivos relatórios. Foram eliminados os trabalhos de avaliação *ex-post* de projetos e os de planejamento da estratégia tecnológica.

Essa triagem resultou na classificação dos projetos em três grupos, baseada, principalmente, no tipo de problema enfrentado pela DEES. A descrição desses grupos é feita a seguir.

- **Grupo I — Avaliação de Projeto de Investimento** Consiste de trabalhos de AIT em que o projeto tecnológico já é bem-definido pelo cliente. Esse tipo de solicitação é o mais tradicional e ainda hoje é bastante co-

mum. Geralmente, o cliente já reduziu as alternativas tecnológicas para uma ou algumas poucas e quer realizar uma avaliação de viabilidade para confirmar ou não o seu julgamento ou selecionar a melhor opção. As tarefas da DEES nesse tipo de trabalho são, basicamente, o detalhamento de investimentos requeridos, o detalhamento de custos operacionais e a estimativa dos retornos ao longo do tempo. A definição do retorno depende do tipo de cliente. Para clientes privados, em geral o retorno é o lucro; para clientes públicos, o retorno pode ser o benefício social do investimento.

• **Grupo II — Identificação e Avaliação de Alternativas**

Consiste de trabalhos em que a DEES realiza a identificação e, também, a avaliação de oportunidades de investimento tecnológico em determinado tópico. Nesses casos, o cliente geralmente tem um problema, uma necessidade ou uma oportunidade tecnológica, mas não tem claro o que deve ser feito para resolver o problema, atender à necessidade ou aproveitar bem a oportunidade. O cliente que solicita um trabalho do Grupo II não apresenta um projeto já definido para análise. É a DEES que precisa identificar as opções para o cliente.

• **Grupo III — Privatização, Valoração e outras Aplicações**

Consiste de solicitações de governos ou de empresas estatais para a análise da privatização de atividades tecnológicas, da venda de ativos (por exemplo, de uma área de mineração) ou da política de concessão de serviços públicos para a iniciativa privada. O cliente, que é o Governo ou a estatal, em geral quer uma análise para subsidiar a sua definição do preço a ser cobrado. As tarefas da DEES consistem em avaliar a viabilidade do

investimento, para cada possível preço de venda, do ponto de vista de um investidor privado em potencial.

No quadro 1 apresenta-se uma amostra de trabalhos por grupo, com breve descrição de cada um.

A análise dos tipos de clientes e a distribuição por grupo dessas dezenas de trabalhos da DEES ao longo desses 20 anos permitiram apontar algumas tendências interessantes. Em relação ao tipo de cliente, pode-se observar que, até a segunda metade da década de 80, a DEES realizava mais AIT para clientes externos, particularmente governos estaduais ou federal. Da segunda metade dos anos 80 para cá, existe um *mix* entre a demanda interna do IPT e a externa. Além do mais, essa última é composta não somente por governos, mas também por iniciativas privadas. Julga-se que a razão para o aumento da demanda interna não foi a redução da demanda externa, mas sim o melhor conhecimento das competências da DEES pelas outras unidades do IPT.

Quanto à demanda de diferentes tipos de estudo, pode-se observar que o trabalho do Grupo I é o mais tradicional e, ainda, o produto com a maior solicitação em AIT da DEES. O trabalho do Grupo II é também tradicional, mas menos freqüente do que o do Grupo I. Os trabalhos do Grupo III são mais recentes, surgiram em torno de 1990. Fica evidente que os trabalhos do Grupo III são o reflexo da tendência geral de privatização e da redução do papel do Estado na economia.

No referente ao porte dos trabalhos, existe variação muito grande entre os trabalhos do Grupo I. Alguns são executados em poucas semanas, outros exigem de um a dois anos para a execução, dependendo dos detalhes e da precisão exigida. Os trabalhos dos Grupos II são, em geral, de porte razoavelmente grande, pois, usualmente, requerem envolvimento de maior número de pessoas (expli-

**Quadro 1**  
**Amostra de Trabalhos da DEES em AIT**

Grupo	Descrição do Trabalho	Cliente	Ano
II	Viabilidade do transporte fluvial pela Companhia de Navegação do Amapá (SUSNAVA)	Governo do Território do Amapá	1977
I	Viabilidade da implantação de uma fábrica de papel utilizando aparas e papel velho como matéria-prima	Governo do Estado do Piauí	1979
I	Estudo econômico do uso de processos biotecnológicos na agroindústria — inoculantes agrícolas	Governo do Estado de São Paulo	1985
II	Viabilidade do investimento em um laboratório de plasma térmico	IPT	1989
III	Valoração econômica das reservas de wollastonita em Itaoca	IPT	1996
I	Análise do investimento em pesquisa e desenvolvimento do produto XYZ	Empresa privada	1996
II	Priorização de segmentos industriais para a comercialização do equipamento ABC	Empresa multinacional	1996
III	Plano de privatização de serviços de inspeção veicular	Governo do Estado de São Paulo	1997

cado mais adiante). Os trabalhos do Grupo III, similares aos do Grupo I, têm também portes bem variados.

## TRABALHOS DO GRUPO I — AVALIAÇÃO DE PROJETO DE INVESTIMENTO

Os trabalhos do Grupo I envolvem sempre algum tipo de avaliação de viabilidade técnica-econômica de um ou mais projetos tecnológicos. Os conceitos e as técnicas de engenharia econômica ou de matemática financeira (Grant & Ireson, 1964) constituem as bases metodológicas para esses trabalhos.

### Casos do grupo I

O trabalho realizado para o Governo estadual do Piauí em 1979, para a implantação de uma fábrica de papel utilizando aparas e papel velho como matéria-prima, é um exemplo típico dessa época. O trabalho consistiu, basicamente, de um estudo preliminar de viabilidade econômica. A equipe efetuou uma estimativa pontual da venda de papel higiênico da Região a partir de dados de venda e demanda nacionais, adotando várias suposições ao longo do estudo. Coletou, também, dados sobre os concorrentes locais e da Região Sudeste para estimar a participação de mercado da nova fábrica. Realizou uma análise bastante detalhada do valor de investimento e dos custos operacionais. Foram utilizados os critérios de retornos sobre vendas e sobre o investimento para avaliar os três possíveis níveis de capacidade de produção para a nova fábrica. Não foi feita uma análise para verificar os impactos de variações de parâmetros estimados nos retornos (a chamada análise de sensibilidade).

No trabalho de análise de risco do investimento em desenvolvimento, produção e comercialização do produto XYZ, realizado em 1996 para uma empresa privada, o cliente já tinha iniciado o projeto de desenvolvimento do produto e solicitou à DEES uma avaliação da viabilidade econômica (Azevedo & Yu, 1998). Uma análise preliminar mostrou que alguns parâmetros técnicos tinham impacto muito significativo na viabilidade do investimento; entretanto, naquele estágio inicial do projeto de P&D, os engenheiros não possuíam conhecimentos suficientes para prever, com precisão, os valores específicos para esses parâmetros. A mesma análise preliminar mostrou, também, que o preço unitário de produtos similares ao XYZ, nos anos subseqüentes, seria crucial para o sucesso comercial do produto. O gerente comercial do cliente afirmou que era impossível prever, com precisão, o comportamento desses preços, por eles dependerem muito das estratégias dos concorrentes. Nessa situação, o emprego de estimativas pontuais torna-se muito problemático, pois a viabilidade do projeto depende crucialmente do método ou julgamento usado para estimar os parâmetros.

## Metodologias de avaliação de projetos — integrando matemática financeira e análise de decisão

A preocupação com o aperfeiçoamento de metodologias é uma constante nas atividades de AIT da DEES. Por exemplo, logo no início das atividades em AIT, houve a tentativa de desenvolver um programa computacional para automatizar partes da avaliação de viabilidade econômica. A proposta foi descrita no relatório “Sistema Computacional para Análise de Investimento: Notas Metodológicas”, de maio de 1979. Um dos módulos desse programa proposto é o tradicional procedimento de cálculo para obter a “taxa interna de retorno” (TIR) ou outros indicadores de retorno financeiro. Um segundo módulo é a “análise de risco” que, na realidade, é uma análise de sensibilidade. As incertezas sobre os parâmetros ou variáveis não são tratadas de forma explícita nessa proposta. Por último, tem-se o módulo de “ordenação de alternativas” que utiliza técnicas de triagem para eliminar alternativas obviamente inferiores.

Essa forma de resolver problemas de avaliação de projeto tecnológico ainda é utilizada atualmente, em particular para trabalhos em que os projetos já são bem-definidos e os parâmetros técnicos e do mercado são conhecidos. Entretanto, muitos trabalhos de avaliação de projetos da DEES envolvem tecnologias em que os parâmetros técnicos não são conhecidos *a priori* e as condições futuras do mercado dependem de fatores que não estão sob o controle do cliente. Isso ocorre geralmente com projetos de desenvolvimento de novos produtos ou de novos processos produtivos. Esse foi o caso do projeto de desenvolvimento, produção e comercialização do produto XYZ.

Uma solução encontrada pela DEES para lidar com as incertezas sobre os parâmetros técnicos e comerciais na AIT é a integração da teoria e das técnicas de **análise de decisão** na metodologia de engenharia econômica/matemática financeira. A análise de decisão é um conjunto de conceitos e técnicas que foram, e estão sendo, desenvolvidos para garantir a qualidade de decisões complexas envolvendo incertezas e horizonte de planejamento de longo prazo (Clemen, 1991). É voltada essencialmente para as aplicações. Foi chamada de **engenharia de decisão** quando introduzida, na década de 60. A análise de decisão possui uma base teórica sólida, pois é fundamentada em teoria matemática de decisão e em teoria de probabilidade, as quais já são bem-desenvolvidas (Bernstein, 1996<sup>(6)</sup>). Adicionalmente, ao longo dos últimos trinta e poucos anos, a análise de decisão incorporou contribuições de várias áreas do conhecimento humano que estudam, sob diferentes perspectivas, o processo decisório de pessoas e de organizações. Entre essas áreas figuram, por exemplo, a psicologia cognitiva que estuda como o ho-

mem coleta e interpreta informações para a tomada de decisão, a psicologia social que pesquisa o comportamento de membros de grupos na tomada de decisão grupal, e a ciência política que pesquisa como as decisões são tomadas em organizações governamentais (Kleindorfer, Kunreuther & Schoemaker, 1993<sup>(7)</sup>). Como a análise de decisão tem um escopo de aplicação bastante amplo, isto é, virtualmente pode ser usada em qualquer decisão humana, a integração da análise de decisão com a engenharia econômica não só permitiu à DEES tratar de forma explícita as incertezas envolvidas na avaliação de projetos de investimento tecnológico, mas também forneceu condições para a sua equipe lidar com outros desafios. Pode-se citar como exemplo os problemas do Grupo III, cujas solicitações encaminhadas pelos clientes não são mais a tradicional avaliação da viabilidade econômica de projetos de investimento em tecnologia.

É interessante notar que atualmente essa integração não é mais novidade. Os livros-texto modernos de gestão de projetos já apresentam a análise de decisão como parte integrante do processo de avaliação de projeto (Shtub, Bard & Globerson, 1994).

Para lidar com as incertezas sobre os parâmetros técnicos e/ou comerciais de um projeto, a análise de decisão utiliza a linguagem da teoria de probabilidade para expressar essas incertezas. Em outras palavras, as incertezas são quantificadas por meio da distribuição de probabilidade (ou função densidade). Criam-se, dessa forma, os possíveis cenários para um dado parâmetro incerto. Por exemplo, no caso do desenvolvimento do produto XYZ, os possíveis cenários para o rendimento do processo de produção foram três, segundo os engenheiros do projeto: **rendimento alto** com uma probabilidade de 20%; **rendimento médio** com uma probabilidade de 30%; e **rendimento baixo** com uma probabilidade de 50%. A representação de possíveis valores de rendimento de processo em somente três cenários é uma aproximação a uma distribuição de probabilidade contínua. Essa simplificação reduz, embora de forma aceitável, a precisão dos resultados, mas, em contrapartida, torna a parte computacional menos onerosa.

Em análise de decisão, a probabilidade de um evento ou de um valor da variável é subjetiva, ou seja, a probabilidade depende do conhecimento e da experiência do decisor ou do especialista designado pelo decisor. Essa forma de tratar a probabilidade é muito útil na avaliação *ex-ante* de projetos de investimento em tecnologia, quando, em geral, inexistem dados objetivos para prever o desempenho da tecnologia e do mercado. Técnicas de codificação foram desenvolvidas para auxiliar a quantificação das incertezas do decisor ou do especialista (Clemen, 1991 — Capítulo 8).

Um segundo instrumento muito útil em análise de decisão, para estruturar um problema decisório, é a árvore

de decisão. Essa é talvez a mais conhecida entre todas as técnicas da análise de decisão. Em árvore de decisão, as alternativas da decisão e as incertezas (já quantificadas em distribuições de probabilidades) são graficamente representadas em seqüência cronológica de ocorrência dos eventos. A árvore de decisão é um modelo do problema real; portanto, representa somente a parte mais relevante da decisão em questão. A nossa experiência mostra que a árvore é também um meio muito eficaz de comunicação entre os participantes do processo decisório, evitando desgastes desnecessários nas discussões dentro do grupo.

A figura 1 mostra uma árvore de decisão que representa uma versão **muito simplificada** do caso de desenvolvimento do produto XYZ. A decisão inicial envolve três alternativas: desenvolver internamente o produto via P&D (o número “-1” no ramo correspondente é o custo de P&D, em US\$ milhão), abandonar o projeto ou adquirir tecnologia do exterior. Como qualquer projeto de P&D, envolve riscos; o líder técnico do projeto julga que a chance de obter um resultado técnico favorável é de 60% e a de um resultado desfavorável é de 40%. Uma vez executado o projeto de P&D, a empresa precisa decidir se implanta ou não uma fábrica para comercializar o produto. O investimento necessário para construir uma fábrica depende do resultado técnico de P&D: um resultado favorável implicaria um processo mais eficiente, portanto, uma planta de dimensões menores e custando US\$ 3 milhões; um resultado desfavorável implicaria uma planta menos eficiente e custando US\$ 6 milhões. Entretanto, uma vez decidida a fabricação do produto para o mercado, a venda não é garantida. O setor de *marketing* da empresa estima que a venda poderá ser de US\$ 8 milhões (20% de chance), US\$ 6 milhões (40% de chance) ou US\$ 4 milhões (40% de chance), independente dos resultados técnicos de P&D. A alternativa de adquirir a tecnologia do exterior, ao preço de US\$ 2,5 milhões, não envolve incertezas técnicas, isto é, o resultado favorável é garantido pelo fornecedor, mas incorre na mesma volatilidade do mercado.

No início da década de 80, uma equipe da *SRI International*, uma instituição de P&D nos Estados Unidos, desenvolveu uma nova forma de representar um problema decisório: diagrama de influência (Clemen, 1991 — Capítulo 3). O diagrama de influência é mais compacto do que a árvore de decisão e explicita as dependências probabilísticas entre as variáveis. No entanto, o diagrama de influência tem dificuldades para lidar com problemas assimétricos. Atualmente, os praticantes de análise de decisão utilizam ambas as representações para modelar um problema.

Na figura 2 consta a representação, em diagrama de influência, da árvore de decisão da figura 1. O arco, que parte do ponto de decisão “Projeto de Produto” e vai para a incerteza “Resultado de P&D”, significa que os resulta-

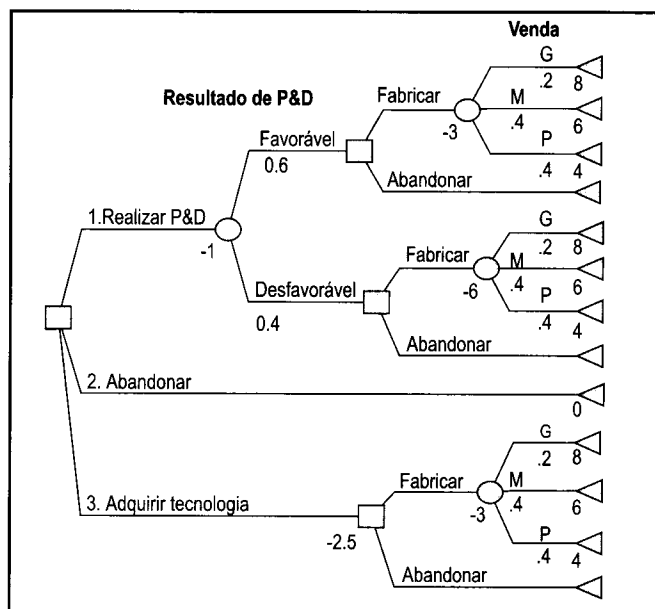


Figura 1: Árvore de Decisão do Caso XYZ

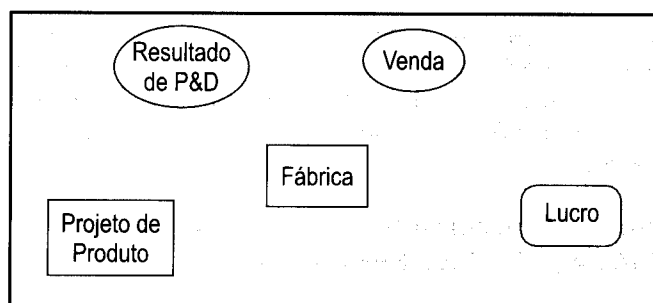


Figura 2: Diagrama de Influência do Caso XYZ

dos técnicos dependem, **probabilisticamente**, da alternativa escolhida. Em outras palavras, se a alternativa for “P&D”, a probabilidade de obter resultado favorável é de 60%. No entanto, se a alternativa for “Adquirir a Tecnologia”, do exterior, a probabilidade de obter resultado favorável é de 100% (veja figura 1). O arco que entra no ponto de decisão “Fábrica”, oriundo do ponto de chance “Resultado de P&D”, implica que a decisão sobre a fábrica é tomada **conhecendo** o desempenho técnico de P&D ou da tecnologia adquirida no exterior.

A DEES começou a utilizar a análise de decisão em 1980 para analisar alguns projetos de exploração de petróleo (Yu & Vianna, 1981). Em 1985, no estudo econômico de inoculantes agrícolas (fertilizante natural para a soja), a DEES utilizou o diagrama de influência para representar as relações entre as variáveis do problema (Yu et alii, 1988). O objetivo desse estudo era avaliar o benefício social de um investimento, por parte do Governo estadual, no melhoramento de processos de produção e de

distribuição de inoculantes agrícolas nas empresas privadas. A medida do benefício social adotada foi o excedente social<sup>(8)</sup> que depende, dentre outras variáveis, do desempenho técnico do inoculante, da área de plantio de soja nos próximos anos, da porcentagem de área plantada que utiliza o inoculante ao longo do tempo, do preço de soja etc. As incertezas em relação a essas variáveis foram codificadas por especialistas e a distribuição de probabilidade do excedente social foi calculada.

Como à época não havia *software* comercialmente disponível para representar o diagrama de influência, a DEES desenvolveu um programa específico e criou um algoritmo para resolvê-lo. Atualmente, vários *software* de análise de decisão estão disponíveis no mercado mundial. A DEES possui o *software Decision Programming Language (DPL)* que trabalha com o diagrama de influência e a árvore de decisão, sendo provavelmente o mais potente dos *software* existentes.

O terceiro instrumento muito útil que a análise de decisão traz para a avaliação de projetos é a capacidade de representar e analisar as decisões seqüenciais. Em muitos projetos de investimento as decisões são seqüenciadas ao longo do tempo, como, por exemplo, no projeto de desenvolvimento do XYZ. A decisão inicial era sobre o orçamento e a fonte de tecnologia do projeto de desenvolvimento de produto. Dependendo do resultado do desenvolvimento, a empresa precisava decidir sobre a produção ou não do produto. A avaliação do orçamento do projeto de desenvolvimento dependia do seu resultado técnico e da decisão acerca da sua produção. Em engenharia econômica/matемática financeira convencional essa avaliação é problemática, mas utilizando-se a análise de decisão esse problema pode ser facilmente representado e analisado em uma árvore de decisão ou num diagrama de influência. A tarefa torna-se mais conveniente se o analista puder dispor de *software* do tipo DPL. As figuras 1 e 2 mostram duas decisões seqüenciadas: a decisão “Projeto de Produto” antecede a de “Fábrica”.

As decisões seqüenciais representam, na linguagem da teoria moderna de finanças (Luenberger, 1997), situações em que o decisor pode exercer **opções** no futuro dependendo da evolução dos eventos. A teoria financeira de opções aplicada em análise de investimentos **físicos** — fábrica, desenvolvimento de produtos etc. — é conhecida como de **opções reais**, que é definida como “uma alternativa que permite uma decisão futura após a revelação de informações” (Howard, 1996). A alternativa “Realizar P&D”, na figura 1, é uma opção, pois possibilita, após conhecer o resultado técnico, uma decisão futura sobre a fábrica. Como a criação de opções sempre acrescenta valor à decisão presente (Howard, 1996), a capacidade de analisar decisões seqüenciais é uma contribuição importante para a avaliação de projetos.

A quarta utilidade que a análise de decisão trouxe para a avaliação de projetos é a sua capacidade de realizar a análise e a gestão de risco de forma mais completa (MacCrimmon & Wehrung, 1986). Até então, as possibilidades estavam restritas à análise de sensibilidade, descrita no relatório “Sistema Computacional para Análise de Investimento” (IPT, 1979). Um exemplo de análise e gestão de risco mais completo é o trabalho sobre inoculantes agrícolas. Duas medidas de risco foram empregadas: a probabilidade de que o excedente social seja abaixo de certo valor especificado e o desvio padrão da sua distribuição. Dispondo desse tipo de resultado da análise de risco, pode-se proceder à avaliação de formas alternativas de redução de risco de um projeto, isto é, à gestão do risco. Outro exemplo é o trabalho sobre o produto XYZ, no qual grande variedade de medidas de redução de risco foi analisada: *joint venture* com outra empresa no projeto de desenvolvimento, adaptar uma planta já existente de outra empresa, importar a substância ativa ou uma combinação dessas medidas.

Apesar das vantagens da integração da análise de decisão com a metodologia de engenharia econômica mencionadas, algumas dificuldades quanto ao uso da análise de decisão foram observadas pela equipe da DEES. A maior barreira para o uso da análise de decisão está na necessidade de treinar tanto os analistas como os participantes do processo de avaliação, geralmente a equipe do projeto, sobre os conceitos e técnicas de análise de decisão. As metodologias de engenharia econômica e matemática financeira são ministradas, com maior ou menor profundidade, em quase todos os cursos de graduação em Economia, Administração e Engenharia. Entretanto, isso não se aplica à análise de decisão. Mesmo quando é ministrada na graduação, a análise de decisão é vista como uma dentre as muitas técnicas de um curso de pesquisa operacional ou de matemática aplicada. A ênfase é dada, nesses casos, à parte matemática da árvore de decisão. Os alunos acabam não tendo a oportunidade de apreciar, na prática, a potencialidade dessa abordagem. A DEES teve de **formar** seus próprios analistas por meio de treinamento *on the job* e em cursos internos e externos especializados<sup>(9)</sup>. Os analistas devem ter conhecimento sólido sobre os conceitos e técnicas da análise de decisão para poderem formular adequadamente o problema. Sem o entendimento dos princípios fundamentais, o analista arrisca-se a **solucionar um problema errado**. Isso é particularmente sério quando se possui ferramentas poderosas como o DPL ou o *Expert Choice*, podendo ocorrer o fenômeno de *garbage-in garbage-out* (GIGO).

Por outro lado, também é necessário treinar os outros participantes do processo de avaliação, isto é, os funcionários da empresa cliente. A maioria deles, geralmente com formação em ciências exatas ou em Administração

e/ou Economia, oferece resistências quando é solicitada a estimar, pela primeira vez, as probabilidades subjetivas da ocorrência de eventos relevantes para o projeto em questão. Geralmente eles alegam que os dados ainda não estão disponíveis para estimar os valores ou afirmam que essas estimativas poderão ser usadas posteriormente como cobranças pela direção da empresa. Para minimizar essas resistências, algumas medidas podem ser tomadas: obtenção do apoio da direção (talvez a mais importante); apresentações e discussões iniciais para a equipe sobre os conceitos básicos da análise de decisão; e interação contínua com a equipe do projeto para que os participantes percebam, pouco a pouco, a utilidade dessa abordagem. A experiência da DEES mostra que, uma vez entendida pelo cliente a utilidade da análise de decisão, os responsáveis pelo projeto passam a demandar constantemente análises do tipo *what if* para testar diferentes cenários ou atualizar o problema com novas informações. A DEES já ministrou cursos intensivos de curta duração sobre análise de decisão para as empresas clientes. Adicionalmente, as experiências de algumas empresas do exterior na análise de decisão mostram que há a necessidade de criação de um núcleo de pessoas especializadas em análise de decisão para funcionar como consultoria interna e divulgador dessa prática dentro da empresa (Krumm & Rolle, 1992; Borison, 1995; Coopersmith, 1998; Sharpe & Keelin, 1998).

## TRABALHOS DO GRUPO II — IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS

Os clientes que solicitam um trabalho do Grupo II geralmente não apresentam um projeto de investimento bem definido, como nos trabalhos do Grupo I. Apresentam, sim, um problema, uma necessidade ou uma oportunidade tecnológica. As tarefas da DEES, nesses casos, envolvem o entendimento, a identificação e a avaliação das alternativas de solução do problema (da necessidade ou da oportunidade). Breve descrição de três trabalhos, entre vários realizados pela DEES nessa categoria, ilustra esses pontos.

### Casos do grupo II

No trabalho “Economia no território do Amapá: determinação, quantificação e viabilidade do transporte fluvial de cargas pela SUSNAVA — Companhia de Navegação do Amapá” (IPT, 1977), o cliente solicitou ao IPT a definição das rotas e dos tipos de embarcações a serem utilizadas pela empresa para o transporte fluvial. A equipe do IPT concluiu que, para certos trechos, o investimento só se justificava socialmente. Sugeriu, como estratégia de entrada no mercado, começar com embarcações de me-

nor capacidade para testar a demanda e a política de preço apropriada. Não foi realizado um cálculo formal da viabilidade econômica. A equipe reconheceu, entretanto, a existência de incertezas nos dados e solicitou cautela no emprego dos resultados do relatório.

Outro trabalho desse grupo se refere a uma solicitação da Diretoria do IPT para a avaliação de uma oportunidade tecnológica: a tecnologia de plasma térmico (Yu *et alii*, 1989). O plasma térmico era uma tecnologia desenvolvida pelas agências espaciais dos países desenvolvidos e, na década de 80, estava iniciando a sua difusão em setores industriais. O plasma térmico gera uma tocha de altíssima temperatura com boa eficiência e, portanto, pode ter aplicações em várias áreas da indústria. Um grupo de técnicos do IPT percebeu essas oportunidades e solicitou à direção do Instituto o investimento de US\$ 1 milhão para a construção de um laboratório de plasma térmico, de modo a viabilizar o desenvolvimento de aplicações de tecnologias de plasma térmico no Brasil. Coube à DEES avaliar a viabilidade econômica desse investimento do ponto de vista do retorno para o IPT. O trabalho consistiu em: identificar as possíveis aplicações do plasma térmico; analisar o estágio de desenvolvimento em cada uma dessas possíveis aplicações; avaliar a capacitação requerida para realizar o desenvolvimento em cada uma dessas aplicações; estimar a demanda dessas aplicações no mercado nacional, levando em consideração as tecnologias concorrentes, as vantagens e desvantagens do plasma térmico e o desempenho dos setores usuários em potencial. Como a principal fonte de energia do plasma térmico é a energia elétrica, a equipe da DEES realizou uma análise da oferta e da demanda da energia elétrica no Brasil, nos próximos 15 anos, para identificar os possíveis cenários para os preços dessa energia. O resultado final do trabalho indicou os setores industriais com maior potencial para adotar a tecnologia de plasma térmico e sugeriu a melhor estratégia de investimento para o IPT: o investimento inicial deveria ser bem menor do que aquele solicitado.

O terceiro exemplo de trabalho do Grupo II trata da priorização de segmentos do mercado para um produto com alto conteúdo tecnológico, realizado em 1996 para uma empresa multinacional. A empresa atuava no Brasil já há alguns anos e, em 1996, estava considerando alternativas para ampliar as suas vendas no País. Uma das opções era ampliar as suas vendas de equipamentos tipo ABC. A empresa adotava uma política de comercialização passiva desses equipamentos e, conseqüentemente, tinha um *market share* insignificante. Os equipamentos do tipo ABC são empregados, com maior ou menor intensidade, em quase todos os segmentos industriais. A intensidade do uso depende fundamentalmente do tipo de processo produtivo. A empresa colocou a seguinte questão para a DEES: "Quais são os segmentos industriais com maior

potencial para a venda do meu equipamento ABC?" O plano era concentrar o esforço de *marketing* nesses segmentos. Do ponto de vista da análise de investimento em tecnologia, cada segmento industrial era um projeto de investimento para o cliente. A questão poderia ser refeita da seguinte forma: "É viável investir na comercialização do ABC no segmento, por exemplo, siderúrgico?". A equipe da DEES desenvolveu uma medida de **consumo específico** (número de equipamentos ABC por unidade da produção física do segmento) e estimou essa medida para os principais segmentos industriais brasileiros. Com a coleta de dados adicionais sobre a perspectiva de crescimento por segmento, a dificuldade de penetração comercial por segmento (obtida via entrevistas com os representantes comerciais da empresa) e o desempenho dos concorrentes, a equipe da DEES priorizou os segmentos industriais quanto ao potencial de penetração do ABC da empresa cliente.

### Metodologias do grupo II

As diferenças básicas dos trabalhos do Grupo II em relação aos do Grupo I são:

- tarefa adicional de identificar as alternativas ou soluções para o problema que o cliente apresenta. Muitas vezes o cliente reconhece o seu desconhecimento quanto às possíveis soluções para o seu problema, pois não possui experiência naquela área;
- uma vez levantadas, as alternativas são qualitativamente diferentes. As alternativas de um trabalho do Grupo I são, em geral, pequenas variações em torno de um projeto básico, como, por exemplo, diferentes capacidades de produção para uma fábrica de papel. No entanto, as alternativas do trabalho sobre o plasma térmico são bem diferenciadas entre si: uma alternativa é o uso de plasma térmico para o tratamento de lixo hospitalares e a outra é o uso de plasma térmico para a refusão de metais. Nessas duas alternativas, tanto as tecnologias envolvidas no equipamento final como os mercados de usuários são muito diferentes;
- o esforço para a avaliação de cada alternativa identificada é relativamente menor (menos detalhada) se for comparado com o dos trabalhos do Grupo I, pois os recursos de um trabalho do Grupo II têm de ser repartidos entre as tarefas de identificação e avaliação de alternativas.

Essas diferenças têm impactos na forma de abordagem e nos instrumentos empregados nos trabalhos do Grupo II. Os trabalhos desse grupo demandam uma abordagem com escopo bem mais amplo do que o da abordagem dos trabalhos do Grupo I. No caso dos equipamentos ABC, por exemplo, o trabalho teve de abordar todos os setores industriais que têm potencial para utilizar o equi-

pamento. Quanto ao caso do transporte fluvial, a economia do Amapá como um todo teve de ser analisada. Portanto, nesses trabalhos, a equipe teve que manter uma perspectiva mais ampla e agregada. Nesses casos, a habilidade em identificar fontes e acessar informações sobre setores econômicos e suas tecnologias, regiões geográficas e empresas específicas constitui fator importante para o desenvolvimento dos trabalhos. A DEES tem atuação, já de longa data, em economia industrial e regional. A equipe de AIT tem tido apoio substancial dos colegas economistas na coleta de informações dessas áreas. Em relação às informações sobre as tecnologias, os especialistas das outras divisões técnicas do IPT são fontes-chave e/ou pontos de partida para contatos externos (nacionais e internacionais). Uma vez entendido o problema, tanto a parte econômica como a parte tecnológica, as etapas seguintes referem-se à identificação e à avaliação das alternativas.

A identificação de alternativas é, geralmente, um processo não estruturado que depende muito do conhecimento e da criatividade das pessoas envolvidas. No trabalho sobre a viabilidade de transporte fluvial no Amapá, as alternativas foram surgindo ao longo do projeto através de entrevistas com funcionários do Governo, agricultores e empresários locais e de análises de dados econômicos. Não houve, aparentemente, um procedimento sistemático para gerar as alternativas. Há que se considerar que o resultado de um trabalho do Grupo II, ou qualquer processo de tomada de decisão, depende da qualidade das alternativas identificadas pela equipe. Se a equipe não conseguir identificar as melhores alternativas, todo o esforço de avaliação será focado nas piores alternativas.

Para garantir que a equipe do projeto identifique as principais alternativas para determinado problema, a DEES vem adotando alguns procedimentos, tanto nos trabalhos do Grupo II como em outros trabalhos, que requerem a geração de alternativas, como, por exemplo, a elaboração de estratégia tecnológica para clientes.

O primeiro procedimento consiste em garantir que a equipe possa contar com a assessoria/consultoria de especialistas (ou, pelo menos, com o acesso a eles) em áreas relevantes e com a busca e a identificação da literatura pertinente. A experiência da DEES mostra que a disponibilidade de especialistas é fundamental para garantir a qualidade das alternativas geradas. A identificação de especialistas é, entretanto, uma questão de contatos certos, persistência e certa dose de sorte. Durante o trabalho sobre o plasma térmico, por exemplo, a equipe ficou sabendo que um especialista no assunto, da ex-União Soviética, estava visitando São Paulo e conseguiu uma entrevista muito proveitosa com ele. A busca de literatura também depende de persistência e sorte. Em relação ao mesmo trabalho, os técnicos do IPT identificaram vários relatórios de instituições como o *National Research Council* (Esta-

dos Unidos) e a *Canadian Electrical Association* (Canadá) que relatam *surveys* do estado da arte do plasma térmico — achados preciosos para a equipe da DEES. No trabalho sobre o equipamento ABC, no entanto, a literatura mais importante identificada constituía-se de várias brochuras de publicidade da empresa cliente para o mercado dos Estados Unidos. Nessas brochuras estavam descritas, com muitos detalhes técnicos, as principais aplicações do ABC por segmento industrial. Essas informações permitiram a criação da primeira lista de segmentos industriais brasileiros alvos para o trabalho da DEES.

O segundo procedimento frequentemente utilizado corresponde às técnicas para promover a criatividade durante as discussões em grupo. As técnicas mais usadas pela DEES são: *brainstorming*, *brainwriting* e NGT (*Nominal Group Technique*) (Hiam, 1990). Essas técnicas são bastante simples e conhecidas, mas muito úteis para motivar e disciplinar as discussões em grupo. Muitas técnicas de criatividade são descritas na literatura. A DEES procura selecionar a técnica mais adequada para cada problema específico. Um exemplo recente é a aplicação da abordagem de Keeney (1992), “pensamento focado em valores (*value-focused thinking*)”, para promover a geração de alternativas de qualidade. Essa abordagem distingue os objetivos fundamentais e os objetivos meios, e é útil em projetos de investimento cujos objetivos são múltiplos e conflitantes. A DEES utilizou essa abordagem para identificar as alternativas de investimento em obras públicas, nas quais em geral há objetivos múltiplos (menor custo da obra, maior conforto para os usuários, menor tempo de construção etc.). Para a avaliação dessas alternativas com vários atributos, a DEES possui o *software Expert Choice*, desenvolvido pelo Professor Saaty (1991), que emprega o método de análise hierárquica (AHP) e torna o processo de codificação de preferências dos decisores muito mais eficiente.

O terceiro procedimento empregado diz respeito aos métodos para identificar lacunas nas alternativas geradas e novas combinações de alternativas. O método mais usado pela DEES é a Tabela de Estratégias (Howard, 1988). No quadro 2 mostra-se uma tabela de estratégias desenvolvida para o trabalho sobre plasma térmico. O quadro apresenta nas colunas as decisões que o IPT tem de tomar em relação aos setores industriais prioritários para a comercialização da tecnologia, à potência da proposta “Unidade Experimental de Plasma Térmico” (UEPT) e ao tipo de projeto interno para viabilizar o desenvolvimento da tecnologia comercial. Uma alternativa para o IPT em plasma térmico envolve a seleção de um elemento em cada coluna de decisão. Por exemplo, a alternativa “Plasma para Siderurgia” (na coluna da direita) selecionaria as empresas do setor siderúrgico como clientes prioritários, investiria em uma UEPT com potência de 1.500 *quillowatts* (KW) e

**Quadro 2**  
**Tabela de Estratégias**

Setores Industriais Prioritários	Projetos Internos	UEPT	Estratégias
Siderurgia	Otimização de Tochas	200 KW (US\$ 150 mil)	Pesquisas Básicas em Plasma
Ferro-ligas	Forno Labor. P/ FeSi	300 KW (US\$ 300 mil)	
Todos	Refino de Ti ou Zr	1.500 KW (US\$ 1,5 milhão)	Plasma para Siderurgia
Nenhum	Física de Plasma		

recomendaria o desenvolvimento de projetos internos sobre a otimização de tochas. A tabela de estratégias força a equipe a identificar as decisões-chave do projeto de investimento e facilita a visualização das possíveis combinações de alternativas. Note-se que algumas combinações da tabela de estratégias são inviáveis.

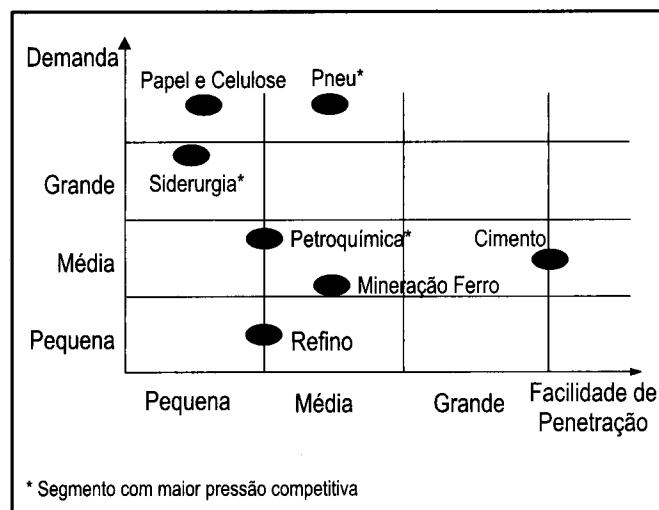
Identificadas as alternativas, estas precisam ser avaliadas para que possam ser priorizadas de alguma maneira. No entanto, antes de proceder à etapa de avaliação propriamente dita, em geral uma triagem das alternativas é necessária para eliminar as que são obviamente piores (Keeney, 1980). Dessa forma, os recursos escassos podem ser usados para avaliar somente as alternativas restantes. Por exemplo, no caso do plasma térmico, a primeira lista de oportunidades de aplicação da tecnologia na indústria, identificadas por meio de contatos com especialistas e de revisão da literatura técnica, continha mais de 40 alternativas. Uma triagem dessas alternativas foi realizada com base em alguns critérios: estágio de desenvolvimento da tecnologia, por aplicação; recursos requeridos para o desenvolvimento, por aplicação; disponibilidade de empresas brasileiras para transferir a aplicação. A equipe decidiu eliminar as oportunidades de aplicação que ainda estavam em estágio bem inicial de desenvolvimento em nível mundial. Nesse caso, o tempo para a comercialização da tecnologia seria provavelmente longo demais para os objetivos do IPT. Utilizando esses critérios, o uso de plasma térmico para a produção de novos materiais sofisticados, como a cerâmica fina, foi eliminado. A lista final, após a triagem, consistiu de somente 11 oportunidades de aplicação de plasma térmico no Brasil. Essas 11 alternativas foram, então, avaliadas.

A avaliação das alternativas nos trabalhos do Grupo II é realizada para estimar alguns indicadores relevantes para o problema em questão. O nível de detalhamento dessas estimativas é bem menor. Aliás, a utilização da árvore de decisão para analisar cada alternativa não é freqüente nos trabalhos desse grupo. A razão desse procedimento já foi

mencionada: necessidade de ter uma perspectiva mais agregada para comparar alternativas bem diferenciadas entre si.

No caso do equipamento ABC, os indicadores relevantes foram a facilidade de penetração da empresa cliente no segmento e a demanda de equipamentos do tipo ABC por segmento, por ano. O primeiro indicador foi baseado no *market share* das linhas atuais de produtos do cliente naquele segmento e nos julgamentos subjetivos de gerentes comerciais da empresa cliente. Em outras palavras, a penetração do ABC seria mais fácil se o cliente já possuísse grande *market share* e o julgamento dos gerentes

foi necessário para incluir fatores como a força dos concorrentes do ABC no segmento. O segundo indicador foi calculado a partir da medida de **consumo específico** do equipamento ABC por segmento industrial, da produção (em unidades físicas) do segmento e de possíveis taxas de crescimento do segmento. Os resultados foram apresentados em um diagrama de bolhas para facilitar a discussão e dar prioridades aos segmentos para a campanha de *marketing* da empresa (figura 3).



**Figura 3: Resultados de Avaliação das Alternativas para a Comercialização do Equipamento ABC**

### TRABALHOS DO GRUPO III — PRIVATIZAÇÃO, VALORAÇÃO E OUTRAS APLICAÇÕES

Os clientes dos trabalhos do Grupo III são órgãos do Governo e empresas estatais (incluindo o próprio IPT). Os problemas mais comuns a serem resolvidos relacionam-se à privatização de um serviço público, à valoração de uma desapropriação de terreno privado para uma obra pública ou à venda de um ativo tecnológico de uma estatal para as em-

presas privadas. A DEES é solicitada, nesses casos, a analisar as formas alternativas de resolver esses problemas.

### Casos de privatização, terceirização ou valoração de tecnologias

No caso da privatização do serviço de inspeção veicular, o cliente precisava determinar (entre outras decisões sobre o processo de licitação pública) o preço que as empresas concessionárias deveriam cobrar dos proprietários de veículos para a inspeção. Uma vez implantado o sistema de inspeção, todos os veículos automotivos devem ser inspecionados uma vez por ano. Um preço alto geraria, provavelmente, insatisfação popular e um preço baixo reduziria o número de empresas privadas interessadas no processo de licitação pública. A determinação do preço foi dificultada pela falta de experiência nacional em inspeção veicular e pela singularidade do modelo de inspeção proposto, que tornaram problemático o uso de experiências do exterior para estimar os parâmetros operacionais de uma estação típica de inspeção proposta (custos operacionais, duração de uma inspeção etc.). Adicionalmente, para obter uma margem aceitável de lucro para um preço de inspeção definido pelo Governo, a empresa concessionária poderia tomar medidas para modificar esses parâmetros. Por exemplo, a empresa poderia utilizar tecnologias mais ou menos automatizadas de inspeção. A DEES tratou esse problema como um projeto com duas decisões seqüenciadas. A primeira decisão seria a de precificação da inspeção veicular. Esta, uma decisão do Governo. Tomada essa decisão, as empresas (ganhadoras da licitação) adotariam medidas (decisões) apropriadas para obter uma margem de lucro aceitável dentro da restrição imposta pelo preço de inspeção. O problema foi modelado no DPL e os dados foram coletados com o cliente e os técnicos do IPT e de outras entidades governamentais familiarizadas com as tecnologias de veículos automotivos. Os resultados da análise mostraram, para determinado preço de inspeção, o retorno esperado e os riscos para a empresa concessionária. Muitas análises de sensibilidade foram realizadas para responder perguntas do tipo *what if* do cliente. A partir desses resultados, o cliente decidiu por um preço de inspeção.

Outro trabalho do Grupo III foi determinar as condições (preço mínimo, *royalty* etc.) para leiloar uma reserva mineral de wollastonita (Almeida & Vecchia, 1996). Nesse caso, o cliente da DEES foi o próprio IPT. O objetivo do cliente foi maximizar a receita na venda sem, entretanto, tornar a operação comercial tão arriscada que não atraísse participantes ao leilão. O problema é similar ao anterior: um preço mínimo alto poderia afugentar as potenciais empresas interessadas e um preço mínimo baixo reduziria as receitas do IPT. O preço mínimo dependia dos custos já incorridos pelo IPT

em prospeção geológica, da quantidade da reserva mineral, do custo de lavra e tratamento e do preço do minério no futuro. Os três últimos valores eram incertos, até para o próprio IPT. O problema foi dividido em duas partes (duas árvores de decisão) para facilitar a análise: na primeira parte tratou-se da decisão de precificação, em que o preço mínimo, definido pelo IPT, influenciaria os preços oferecidos pelas empresas interessadas; na segunda parte tratou-se da viabilidade do projeto de exploração comercial da mina, dado o preço mínimo. A análise da segunda parte foi realizada sob a ótica da empresa privada interessada em adquirir o direito de exploração. As incertezas sobre a reserva e sobre o preço do minério foram quantificadas pelos geólogos e pela extrapolação dos dados históricos do preço do minério, respectivamente. O modelo desenvolvido no DPL estimou os lucros e os riscos para uma empresa privada adquirir a reserva mineral, dado um preço mínimo de venda. Esses resultados da análise da segunda parte foram utilizados na primeira parte para estimar a chance de ter um determinado preço final. O cliente pôde, então, selecionar um preço mínimo de venda que geraria maior receita e tornaria a exploração comercial da reserva viável para a empresa compradora.

### Metodologias do grupo III

Os exemplos abordados mostram que os trabalhos do Grupo III, como os do Grupo I, envolvem também avaliações de projetos de investimento que requerem a utilização de análise de decisão. Contudo, existem diferenças; a principal está no fato de que, nos trabalhos do Grupo I, o cliente possui o projeto e deseja executá-lo e, nos trabalhos do Grupo III, o cliente possui o projeto, mas deseja **vendê-lo** aos potenciais **compradores**. Neste caso, o problema do cliente é saber quanto ele pode cobrar pela venda. A análise do projeto tem, então, a função de subsidiar essa decisão sobre o preço de venda do projeto. As árvores de decisão para analisar esses problemas possuem uma estrutura ligeiramente mais complexa do que a dos problemas do Grupo I, pois precisam considerar os dois decisores: o **vendedor** (cliente da DEES) e o potencial **comprador**, simultaneamente. Em geral, o problema é estruturado em uma árvore com decisões seqüenciais (caso da inspeção veicular) ou em duas ou mais árvores (caso da venda da reserva mineral), cada uma representando o problema de um dos decisores. No entanto, independentemente da complexidade da árvore de decisão, a disponibilidade de *software* como o DPL torna a formulação e a solução de problemas desse tipo muito mais eficientes. Esse ganho de eficiência significa maior tempo disponível para outras atividades do trabalho de AIT, como a análise de sensibilidade ou a coleta de informações. A consequência final é, provavelmente, uma AIT de melhor qualidade.



Comparando a experiência da DEES em AIT com a relatada na literatura, revisada no início deste artigo, pode-se tecer alguns comentários finais. A maioria desses comentários relaciona-se com os aspectos técnicos e analíticos das metodologias de AIT, outros estão relacionados com aspectos comportamentais e organizacionais na aplicação de AIT. Procurou-se fazer uma reflexão sobre a experiência da DEES à luz da literatura, com o objetivo de apontar os seus aspectos positivos e negativos de modo a promover o aprimoramento contínuo em AIT.

Cita-se, inicialmente, os aspectos positivos da experiência da DEES. Os métodos foram adaptados aos problemas e não o inverso. Procurou-se sempre usar o método mais apropriado para cada tipo de problema. As técnicas utilizadas no início das atividades em AIT, principalmente nos projetos do Grupo I, eram todas de métodos financeiros convencionais, mas, com a necessidade de tratar formalmente as incertezas, optou-se pela aplicação de técnicas de análise de decisões em conjunto com as ferramentas de engenharia econômica/orçamento de capital. Paralelamente, a necessidade de realizar avaliações rápidas em grande número de propostas nos trabalhos do Grupo II conduziu a DEES a utilizar métodos mais simples de avaliação, os quais são variantes de métodos clássicos relatados na literatura. Por exemplo, utilizou-se intensamente os diagramas de bolhas (figuras 3 e 4), pois são meios muito eficazes de comunicação entre os participantes de projetos. Posteriormente, a necessidade de identificar soluções alternativas para os trabalhos do Grupo II conduziu a DEES a utilizar técnicas de geração e sistematização das alternativas. O uso de técnicas desse tipo não é geralmente abordado na literatura de avaliação e seleção de projetos de investimento, pois supõe-se que as alternativas de investimento já são dadas e só necessitam de avaliação. Na prática, as atividades de identificação e avaliação de alternativas não podem ser separadas e um tratamento sistemático na geração de alternativas pode criar mais valor para o investimento (Sharpe & Keelin, 1998).

Quanto aos aspectos negativos, pode-se apontar, inicialmente, a complexidade da análise de decisão, em particular para os trabalhos do Grupo I, e a contínua importância de critérios financeiros para avaliar as alternativas de investimento. Uma análise em profundidade de um projeto de investimento em tecnologia pode resultar em modelos matemáticos bastante complexos. Isso restringe a utilização mais freqüente desse tipo de método, em virtude do montante de dinheiro e do tempo envolvidos, reduzindo o uso e os benefícios dessas técnicas. Uma solução para esse problema é o maior treinamento dos usuários das técnicas de AIT. Outra solução é incorporar as técnicas a um Sistema de Apoio à Decisão (*Decision Support System* — DSS), de modo a **automatizar** uma parte da formulação dos modelos — a que exige a disponibilidade de técnicos especializados. Com

essa **automação**, o usuário do sistema precisa somente definir os parâmetros dos modelos antes de realizar as análises, aumentando a produtividade e a qualidade do processo de AIT. Essa solução funciona somente em um ambiente em que determinada classe de decisões se repete com certa freqüência, de modo que se torna viável o desenvolvimento de um DSS. Um desenvolvimento que está abrindo esse caminho é o relatado por Bordley (1999) sobre a análise de projetos de P&D na General Motors (GM). Um sistema simples, mas que não deixa de ser sofisticado, de avaliação de projetos foi desenvolvido pela equipe da GM.

Quanto ao segundo aspecto negativo, os projetos, principalmente os do Grupo II, ainda são avaliados essencialmente do ponto de vista financeiro de investimento. Aspectos não financeiros são incorporados às análises, como os relativos a psicologia cognitiva e política organizacional, mas ainda de forma tímida. Muitas vezes, os aspectos estratégicos de um investimento envolvem conseqüências difíceis de serem traduzidas em termos financeiros, como, por exemplo, o incremento da competência obtida via a execução de um projeto de P&D. A incorporação de fatores não financeiros traz problemas metodológicos, particularmente na medição dessas conseqüências e na sua ponderação na avaliação final das alternativas. As técnicas de análise de decisão com objetivos múltiplos (Keeney, 1992) e a disponibilidade de *software* relacionados, do tipo *Expert Choice*, podem ser úteis para resolver esse problema. Finalmente, o último aspecto negativo refere-se à centralização da prática de AIT da equipe da DEES em técnicas analíticas. No entanto, percebe-se, ao longo dos anos, que os fatores comportamentais e organizacionais influenciam fortemente todas as fases de AIT, desde a definição do problema, passando por coleta e processamento de informações, identificação e avaliação de alternativas, tomada de decisão, até a implementação da decisão. Existem várias situações comportamentais e organizacionais que dificultam a **aplicação direta** de técnicas de AIT, como o não alinhamento de interesses, a inexistência de uma estratégia organizacional explícita, a manipulação de informação, o treinamento inadequado em gestão, a comunicação interna problemática, o desconhecimento sobre incerteza e risco, o não comprometimento da direção com os resultados ou o comprometimento precipitado do decisor em relação a uma alternativa. As soluções para esses problemas envolvem, geralmente, mudanças comportamentais e organizacionais que estão além das atividades estritamente relacionadas à AIT. Outros praticantes de AIT enfrentaram situações similares, alguns determinaram os princípios organizacionais para obter sucesso em administração de P&D (Matheson & Matheson, 1998) e outros implementaram sistemas de AIT que incorporam de maneira explícita considerações comportamentais e organizacionais (Bordley, 1999; Sharpe & Keelin, 1998).

Esses exemplos mostram oportunidades que podem ser exploradas nos próximos anos pela equipe de profissionais da DEES.

Finalmente, é importante observar que os conceitos, as técnicas e os procedimentos de implementação de AIT estão em constante evolução e o ritmo dessa evolução está aumentando. Vários fatores concorrem para a aceleração dessa evolução:

- maior concorrência no mercado de *software* para AIT. O DPL surgiu no final da década de 80 e, atualmente, várias empresas estão oferecendo produtos substitutos ou complementares. Pode-se citar como exemplos: *Analytica*, *Expert Choice*, *Logical Decision*, *@Risk* e *Decision Explorer*. Em um *survey*, Buede (1998) avaliou 32 *software* de análise de decisão;
- número crescente de empresas, a grande maioria norte-americanas, está utilizando a análise de decisão como base para garantir a qualidade dos seus processos de tomada

de decisão, particularmente em decisões de investimento em tecnologia. Como consequência, essas empresas estão adaptando as técnicas e os conceitos para os seus negócios e desenvolvendo novos procedimentos e estruturas organizacionais (Matheson & Matheson, 1998);

- novas teorias estão sendo introduzidas em AIT, as quais podem ter impactos profundos na maneira de executar a AIT. Uma dessas novas idéias é a teoria de opções (Dixit & Pindyck, 1994), já mencionada, que se originou em finanças e está sendo incorporada à AIT com o nome de teoria de opções reais.

Para acompanhar essas evoluções e incorporar, quando for necessário, as novas técnicas à sua prática, a equipe de AIT da DEES procura, permanentemente, atualizar-se na literatura técnica, manter contatos com os fornecedores de *software* e realizar intercâmbios com as empresas, nacionais e do exterior, que adotam essas ferramentas. ♦

## NOTAS

- (1) Denominação dada por Souder & Mandakovic (1986). Martino (1995) chama esse grupo de métodos de *ranking*.
- (2) Martino (1995) denomina de *economic* e Steele (1988) chama esse grupo de *cost/benefit*.
- (3) Martino (1995) denomina esse grupo de *decision theory*, Souder & Mandakovic (1986) chamam de *project evaluation techniques* e Cooper, Edgett & Kleinschmidt (1998) de *productivity index* e *expected commercial value* dentro da abordagem *maximizing the value of the portfolio*.
- (4) Martino (1995) e Souder & Mandakovic (1986) chamam esse grupo de *portfolio* e Steele de *linear programming*. Preferiu-se utilizar o termo **Programação Matemática**, por ser mais genérico e, também, porque outros métodos, como, por exemplo, a análise de decisão, podem tratar o problema de carteira de projetos.
- (5) Existe programação matemática que incorpora aspectos probabilísticos, mas é tão complexa, em termos analíticos, que torna a sua aplicação proibitiva.
- (6) No livro, Peter Bernstein descreve de forma muito acessível a história da humanidade em lidar com a in-

certeza e o risco ao longo destes últimos dois milênios.

- (7) O livro de Kleindorfer e seus colegas tem uma boa síntese sobre essas contribuições.
- (8) Adotou-se a pressuposição de que a produção de soja com a utilização do novo inoculante agrícola, no Brasil, não afetaria o preço internacional da soja. Dessa forma, o excedente social a ser considerado refere-se, apenas, ao excedente do produtor. Este é definido como a diferença entre o que é recebido pela venda de um bem e o montante mínimo requerido pelo produtor para produzi-lo (Currie, Murphy & Smith, 1971).
- (9) Foi ministrado um curso interno aberto a todos os funcionários do IPT. Os autores participaram de vários cursos de curta duração no Brasil, no *Massachusetts Institute of Technology* (Estados Unidos) e no *Institute for Operations Research and the Management Sciences* — INFORMS (Estados Unidos). Vários técnicos da DEES fizeram o curso de Análise de Decisão (EAD-5853), como alunos especiais ou como alunos regulares, no Programa de Pós-Graduação em Administração da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo (FEA/USP), oferecido por um dos autores.

## RESUMO

O objetivo principal neste artigo é sintetizar a experiência da Divisão de Economia e Engenharia de Sistemas (DEES) do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) em Análise de Investimento em Tecnologia (AIT), mostrando particularmente os tipos de problemas encontrados, a evolução das metodologias empregadas e as lições aprendidas pela equipe. Os problemas de AIT da DEES podem ser classificados em três grandes grupos: avaliação de projeto de investimento; identificação e avaliação de alternativas; e privatização, valoração e outras aplicações. As metodologias empregadas inicialmente em AIT eram as de engenharia econômica ou de matemática financeira. Posteriormente, os conceitos e as ferramentas de análise de decisão dominaram as aplicações. Os *software* modernos de análise de decisão contribuem para a qualidade e a eficiência em AIT. Por último, tem-se uma reflexão sobre a experiência da DEES à luz da literatura existente sobre o tema em questão.

**Palavras-chave:** análise de investimento em tecnologia, análise de decisão, avaliação de investimento.

ABSTRACT

This paper synthesizes the experience of Divisão de Economia e Engenharia de Sistemas (DEES) of Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) in Technology Investment Analysis (TIA). Types of TIA problems and analytical techniques employed are described. TIA problems engaged by DEES can be classified in three main groups: investment project evaluation; development and evaluation of alternative investment projects; and privatization, valuation and other applications of TIA. TIA methods used by IPT are based essentially on engineering economics and decision analysis. Modern decision analysis software have contributed to the quality and efficiency of TIA in the last ten years. The paper concludes with some reflections on the experience of DEES in TIA in light of the literature.

**Uniterms:** technology investment analysis, decision analysis, investment assessment.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, A.S. & VECCHIA, D.D. *Valoração econômica das reservas de Wollastonita em Itaoca —SP*. São Paulo, IPT/DIGEO, 1996. 19p.
- AZEVEDO, P.B.M. & YU, A.S.O. Análise de inversiones en tecnologia: una aplicación del análisis de decisiones. *Revista de Economía y Empresa*, v.12, n.34, p.133-144, 1998.
- BERNSTEIN, P.L. *Against the gods: the remarkable story of risk*. New York, John Wiley, 1996.
- BORDLEY, R.F. Keeping it sophisticatedly simple in R&D project management. *The Engineering Economist*, v.44, n.2, p.168-183, 1999.
- BORISON, A. Oglethorpe power corporation decides about investing in a major transmission system. *Interfaces*, v.25, n.2, p.25-36, Mar./Apr. 1995.
- BUEDE, D. Decision analysis software survey: aiding insight IV. *OR/MS Today*, v.251, n.34, p.6.256-6.563, Aug. 1998.
- CLEMEN, R.T. *Making hard decisions: an introduction to decision analysis*. Belmont, Duxbury Press, 1991. 557p.
- COOPER, R.G.; EDGETT, S.J.; KLEINSCHMIDT, E.J. *Portfolio management for new products*. Reading, Mass., Addison-Wesley, 1998.
- COOPERSMITH, E.M. Implementing decision analysis in a large company: the CONOCO model. Apresentado na Conferência INFORMS, Montreal, April 26-29, 1998.
- CURRIE, J.M.; MURPHY, J.A.; SMITH, A. The concept of economic surplus and its use in economic analysis. *The Economic Journal*, v.81, n.324, p.741-799, 1971.
- DIXIT, A.K. & PINDYCK, R.S. *Investment under uncertainty*. Princeton, NJ, Princeton University Press, 1994. 468p.
- GALESNE, A.; FENSTERSEIFER, J.E.; LAMB, R. *Decisões de investimentos da empresa*. São Paulo, Atlas, 1999.
- GRANT, E.L. & IRESON, W.G. *Principles of engineering economy*. 4.ed. New York, Ronald Press, 1964. 574p.
- GUPTA, S.K. & MANDAKOVIC, T. Contemporary approaches to R&D project selection — a literature search. In: KOCAOGLU, D.F. (ed.). *Management of R&D and engineering*. Amsterdam, North-Holland, 1992. p.67-87
- HIAM, A. *The vest-pocket CEO decision-making tools for executives*. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1990. 468p.
- HOWARD, R.A. Decision analysis: practice and promise. *Management Science*, v.34, n.6, p.679-695, June 1988.
- \_\_\_\_\_. Options. In: ZECKHAUSER, R.J.; KEENEY, R.L.; SEBENIUS, J.K. *Wise choices: decisions, games, and negotiations*. Boston, Harvard Business School Press, 1996. p.81-101
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). *Economia no território do Amapá: determinação, quantificação e viabilidade do transporte fluvial de cargas pela SUSNAVA — Companhia de Navegação do Amapá*. São Paulo, IPT, 1977. 31p.
- \_\_\_\_\_. *Implantação no Piauí de uma fábrica de papel utilizando aparas e papel velho como matéria prima: v.1 Estudo de pré-viabilidade técnica; e v.2 Estudo preliminar de viabilidade econômica*. São Paulo, IPT/DEES, 1979. [Relatório Técnico 12.039]
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). *Potencial de biomassas vegetais para fins energéticos no estado de São Paulo: sistema computacional para análise de investimento — notas metodológicas*. São Paulo, IPT, 1979. 22p. [Monografia Anexa 57]
- KEENEY, R.L. *Siting energy facilities*. New York, Academic Press, 1980.
- \_\_\_\_\_. *Value-focused thinking*. Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1992. 416p.
- KLEINDORFER, P.R.; KUNREUTHER, H.C.; SCHOEMAKER, P.J.H. *Decision sciences: an integrative approach*. New York, Cambridge University Press, 1993.
- KRUMM, F.V. & ROLLE, C.F. Management and application of decision and risk analysis in Du Pont. *Interfaces*, v.22, n.6, p.84-93, Nov./Dec. 1992.
- LUENBERGER, D.G. *Investment science*. New York, Oxford University Press, 1997. 494p.
- MAcCRIMMON, K.R. & WEHRUNG, D.A. *Taking risks: the management of uncertainty*. New York, The Free Press, 1986.
- MARTINO, J.P. *Research and development project selection*. New York, John Wiley & Sons, 1995.
- MATHESON, D. & MATHESON, J. *The smart organization: creating value through strategic R&D*. Boston, Harvard Business School Press, 1998.
- SAATY, T.L. *Método da análise hierárquica*. São Paulo, McGraw-Hill, 1991. 367p.
- SHARPE, P. & KEELIN, T. How SmithKline Beecham makes better resource-allocation decisions. *Harvard Business Review*, v.76, n.2, p.45-57, Mar./Apr. 1998.
- SHTUB, A.; BARD, J.F.; GLOBERSON, S. *Project management: engineering, technology, and implementation*. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1994. 634p.
- SOUDER, W.E. & MANDAKOVIC, T. R&D project selection models. *Research Management*, v.29, n.4, p.36-42, July/Aug. 1986.
- STEELE, L.W. What we've learned: selecting R&D programs and objectives. *Research-Technology Management*, v.31, n.2, p.17-36, Mar./Apr. 1988.
- YU, A.S.O. et alii. Uma avaliação de estratégias do IPT em plasma térmico. ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE PROSPECTIVA E ESTRATÉGIA. *Anais...* São Paulo, USP, maio 1989.
- YU, A.S.O.; PIZYSIEZNIG FILHO, J.; ZYLBERSZTAJN, D.; MUSCAT, A.R.N. Uma aplicação da análise de decisão para avaliação de um projeto de P&D em biotecnologia. CONGRESSO LATINO-IBERO-AMERICANO DE PESQUISA OPERACIONAL E ENGENHARIA DE SISTEMAS, 4. / SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 21. Rio de Janeiro, 1988. *Anais...* Rio de Janeiro, SOBRAPO, 1988. p.930-951. [Publicação n.1786]
- YU, A.S.O. & VIANNA, R.B. Seismic program planning for nan oil and gas exploration venture in a frontier basin. ORSA/TIMS JOINT NATIONAL MEETING, Houston, 1981.