



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**MODELO MULTICRITÉRIO PARA PRIORIZAÇÃO DE
PORTFÓLIO DE PROJETOS DE PESQUISA E
DESENVOLVIMENTO**

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UFPE
PARA OBTENÇÃO DE GRAU DE MESTRE
POR

ANA PAULA HENRIQUES DE GUSMÃO
Orientador: Prof. Adiel Teixeira de Almeida

RECIFE, 22 DEZEMBRO DE 2005



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA
DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE
MESTRADO ACADÊMICO DE

ANA PAULA HENRIQUES DE GUSMÃO

***“Modelo Multicritério para Priorização de Portfólio de Projetos
de Pesquisa e Desenvolvimento”.***

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PESQUISA OPERACIONAL

A comissão examinadora, composta pelos professores abaixo, sob a presidência do(a) primeiro(a), considera a candidata ANA PAULA HENRIQUES DE GUSMÃO **APROVADA**.

Recife, 22 de dezembro de 2005.

Prof. ADIEL TEIXEIRA DE ALMEIDA, PhD (UFPE)

Prof. ANA PAULA CABRAL SEIXAS COSTA, Doutor (UFPE)

Prof. JOÃO CARLOS NAMORADO CLÍMACO, Doutor (UNIVERSIDADE DE COIMBRA)

Gusmão, Ana Paula Henriques de
Modelo multicritério para priorização de portfólio
de projetos de pesquisa e desenvolvimento / Ana
Paula Henriques de Gusmão . – Recife : O Autor,
2005.

91 folhas : il., fig., tab.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de
Pernambuco. CTG. Engenharia da Produção, 2005.

Inclui bibliografia.

1. Engenharia de produção – Pesquisa
Operacional. 2. Decisão Multicritério – Priorização de
portfólio. 3. Metodologia Electre IV – Priorização de
projetos de P & D (Pesquisa e Desenvolvimento) . I.
Título.

658.58

658.5036

CDU (2.ed.)

CDD (22.ed.)

UFPE

BC2006-037

Aos meus pais Ricardo e Alcina.

AGRADECIMENTOS

São muitas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho. Meus agradecimentos aqui expostos, todavia, são irrelevantes diante do apoio e amizade dispensado por todos.

Meu agradecimento maior se direciona a Deus por inúmeras e inexplicáveis razões.

Em especial ao meu orientador e amigo, Prof. Adiel, para com o qual tenho estimável admiração e sem o qual não teria sido possível o desenvolvimento desse trabalho.

Gostaria de demonstrar aqui, também, minha profunda gratidão por todos os professores e profissionais do PPGEP que me acompanharam ao longo dessa jornada.

A coordenadora do PPGEP, Prof.^a Ana Paula Cabral, com quem tive a felicidade de compartilhar alguns trabalhos, obrigada pela atenção e amizade.

Agradeço aos amigos do GPSID – Adiel Filho, Anderson, Ayana, Carol, Cristiano, Danielle, Luciana, Mariana, Marina, Maísa, Renato, Rodrigo, Ivany e Yuri – pela amizade, companheirismo, pelos conhecimentos e pelas experiências passados. A convivência com todos os membros desse grupo de pesquisa foi de profunda valia para mim.

Aos meus amigos e familiares pelo apoio e carinho.

A Rafa, que me acompanhou durante o desenvolvimento desse trabalhando, não só compreendendo minhas preocupações, mas me ajudando de todas as formas.

E, por fim, quero agradecer aos meus pais Ricardo e Alcina e a minha irmã Karenina que sempre serviram como base e exemplo para todas as minhas decisões e com quem posso sempre contar.

RESUMO

Para as empresas se manterem competitivas, atualmente, é necessário que sejam feitos investimentos em projetos, os quais visam melhorar o desempenho global de uma organização. Esses projetos são voltados, geralmente, para a melhoria dos processos atuais, criação de novos produtos, implantação de novas tecnologias, entre outros. Para que esses projetos venham a implicar em um diferencial competitivo para as empresas, os mesmos devem estar alinhados às estratégias corporativas. A maioria das organizações, todavia, não possuem recursos suficientes, sejam eles financeiros, de força de trabalho ou de materiais e equipamentos, para o desenvolvimento de todos projetos considerados relevantes pela organização. Torna-se necessário, portanto, a realização de uma priorização desses projetos, de forma a estabelecer uma ordem para implementação dos mesmos em função da disponibilidade dos recursos necessários para execução. A maioria dos trabalhos realizados nessa área tem avaliado as propostas levando em consideração apenas os benefícios financeiros provenientes de tais investimentos. No entanto, os investimentos em projetos devem ser realizados levando em consideração os benefícios estratégicos que os mesmos podem trazer para uma organização. Esse trabalho se propõe a desenvolver um modelo de decisão multicritério para a priorização de portfólio de projetos de Pesquisa e Desenvolvimento. Será estudado o caso particular de uma empresa do setor de energia elétrica e, utilizando-se os dados desta, o modelo proposto será aplicado.

Palavras-chave: Decisão Multicritério, Pesquisa e Desenvolvimento, Priorização de Portfólio de Projetos.

ABSTRACT

Currently, for companies to remain competitive, it is necessary to make investments in projects, which aim to improve the global performance of an organization. Generally, these projects are directed toward improvement of the current processes, creation of new products, and implementation of new technologies, among others. In this way, these projects must be lined for the company's strategies to become a competitive differential. In fact, the majority of the organizations does not possess enough resources (financial, work force or materials and equipment) for the development of all projects considered relevant for the organization. Therefore, the accomplishment of a prioritization of these projects becomes necessary to establish an order for implementation of the same ones due to the availability of the necessary resources for their execution. The majority of the works carried out in this area has evaluated the proposals taking into consideration only the financial benefits proceeding from such investments. However, the investments in projects must be carried by taking into consideration strategic benefits that the same ones can bring for an organization. This work deals with the development a multicriteria decision model for the prioritization of Research and Development projects portfolio. The particular case of a company of the electrical energy sector will be studied, using the real data to apply the considered model.

Key words: Multicriteria Decision, Research and Development, Priorization of Project Portfolio.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
1.1.	Justificativa.....	2
1.2.	Objetivos	3
1.2.1.	Objetivo Geral	3
1.2.2.	Objetivos Específicos	3
1.3.	Estrutura da Dissertação.....	4
2.	BASE CONCEITUAL	5
2.1.	Decisão multicritério.....	5
2.1.1.	Apoio multicritério a decisão	6
2.1.2.	Atores do processo decisório	6
2.1.3.	Fases do processo de AMD.....	7
2.1.4.	Problemáticas de referência	8
2.1.5.	Métodos de apoio multicritério a decisão	9
2.1.5.1.	Teoria da Utilidade Multiatributo - MAUT.....	10
2.1.5.2.	VIP Analysis	10
2.1.5.3.	Método AHP	11
2.1.5.4.	Métodos SMART e SMARTS.....	11
2.1.5.5.	Métodos da Família ELECTRE.....	13
2.1.5.6.	Métodos PROMETHEE	13
2.1.6.	Outros métodos utilizados em problemas de decisão multicritério.....	14
3.	REVISÃO DA LITERATURA	16
3.1.	Visão Geral.....	16
3.2.	Campos de Aplicação	17
3.2.1.	Portfólios em geral.....	17
3.2.2.	Portfólios em investimentos	25
3.2.3.	Portfólios de P&D	29
3.3.	Alguns métodos utilizados	40
3.3.1.	Método média-variância, modelo de Markowitz	40
3.3.2.	A Matriz de Portfólio de Projetos de P&D	42
3.3.3.	Metodologia de seleção de portfólio baseada em DEA e BSC.....	44
3.3.4.	Modelo de custo	46

3.3.5.	Sistema híbrido de conhecimento e modelo	48
3.3.6.	Modelo de Lockwood	51
3.3.7.	Modelo de seleção de projetos de P&D utilizando o ANP	52
3.4.	Desafios para futuros trabalhos na área de P&D	52
4.	ESTUDO DE CASO	55
4.1.	Modelo de P&D da ANEEL.....	55
4.1.1.	Processo de priorização da CHESF	63
4.1.2.	Processo de priorização da CELPE	65
4.1.3.	Análise crítica dos processos de priorização das empresas	72
4.2.	Proposição de modelo para priorização de projetos de P&D.....	79
5.	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	85
5.1.	Considerações Finais	85
5.2.	Sugestões para Trabalhos Futuros	86
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	88

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 – Aplicação em P&D desde a edição Lei 9.991/2000.....	56
Figura 4.2 – Processo de Avaliação e Aprovação das Propostas de Programas de P&D.....	58
Figura 4.3 – Processo de Seleção de uma Carteira de Projetos.....	69
Figura 4.4 – Resultado da destilação descendente.....	82
Figura 4.5 – Resultado da destilação ascendente	82
Figura 4.6 – Ordenação parcial final dos projetos.....	83
Figura 4.7 – Ordenação dos projetos obtida pelo modelo de Santos (2004).....	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 – Fases do Processo de Avaliação e Aprovação do Programa Anual de P&D.....	58
Tabela 4.2 – Avaliação dos projetos em relação aos critérios técnicos	75
Tabela 4.3 – Avaliação final dos projetos em relação aos critérios técnicos	75
Tabela 4.4 – Avaliação dos projetos em relação aos critérios estratégicos	76
Tabela 4.5 – Avaliação final dos projetos em relação aos critérios estratégicos	76
Tabela 4.6 – Tabela de avaliação dos projetos em relação aos critérios.....	81
Tabela 4.7 – Qualificações dos projetos	81

1. INTRODUÇÃO

A busca por uma posição competitiva no mercado atual altamente dinâmico tem se tornado uma constante para a maioria das empresas. Vários são os fatores que determinam o sucesso de uma organização. Investimentos em tecnologias, em novos processos e métodos de produção, e no desenvolvimento de novos produtos e serviços, sem dúvida exercem grande influência sobre o futuro da maioria das empresas. Portanto, os vários departamentos de uma organização devem propor, com uma certa periodicidade, projetos que busquem atender a necessidades específicas da mesma, melhorar práticas já em uso e mesmo propor novos processos e produtos de forma a melhorar o desempenho global da organização.

Em função da limitação de recursos, no entanto, a maioria das empresas deve selecionar projetos prioritários para serem implementados num primeiro horizonte. Tal seleção deve-se basear nos objetivos organizacionais, na viabilidade de realização de tais projetos, na disponibilidade de recursos para execução e nos impactos de tais investimentos.

Especificamente nesse trabalho, serão abordados os projetos na área de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Projetos nessa área servem para criar um diferencial competitivo para as organizações. Através de investimentos em P&D cria-se um elo de comunicação entre a empresa e o mercado, de forma a atender melhor as expectativas desse último.

Segundo Meade e Presley (2002), a forma como a empresa visualiza a necessidade de investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento e lida com tal fato tem evoluído nos últimos anos. Por volta dos anos 80, as companhias começaram a reconhecer a importância estratégica da manufatura e operações para a competitividade. Da mesma forma, muitas empresas começaram a considerar sua função de P&D como uma ferramenta competitiva a ser gerenciada estrategicamente. No entanto, mais do que isso e principalmente, essas organizações sentiram a necessidade de alinhar os projetos com as estratégias corporativas, uma vez que decisões erradas podem resultar em perda de posição estratégica e de mercado.

Mais tarde, visualizou-se a necessidade de se considerar benefícios quantitativos e os riscos dos projetos candidatos. Frequentemente, a seleção de projetos de P&D é feita baseada somente em critérios financeiros como Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR). Apesar destes critérios serem importantes, outros critérios menos facilmente quantificáveis devem ser considerados, como participação no mercado e imagem corporativa. Projetos de P&D são multidimensionais por natureza e têm resultados e decisões arriscados, devendo considerar medidas estratégicas e multidimensionais. Os

projetos de P&D estão frequentemente relacionados com atividades de longo prazo, possuem resultados incertos, possuem custo elevado e, em muitos casos, demandam uma gestão especial.

Observando-se os últimos anos, finalmente, percebe-se uma tentativa reconciliar e integrar as necessidades e desejos dos diferentes *stakeholders*. Isso porque decisões de P&D têm impacto em toda a empresa e devem ser comparadas a outras contribuições funcionais no empreendimento. Decisões na área de P&D não devem ser feitas isoladamente, nem serem baseadas somente no que as organizações de P&D acham importante. As contribuições de P&D são difíceis de mensurar separadamente de outras funções organizacionais como manufatura e *marketing*. Adicionalmente, o sucesso de muitos projetos depende da cooperação destas funções. A omissão delas do processo de decisão pode gerar efeitos organizacionais prejudiciais. Incluindo elas, porém, aumenta-se a complexidade e dificuldade.

Há que se considerar, ainda, as inúmeras dificuldades associadas à seleção de portfólio de projetos. Entre as mais frequentes, pode-se citar a existência de: múltiplos e frequentemente conflitantes objetivos, incerteza e risco com relação aos impactos dos projetos, relações de interdependência entre projetos, um número elevado de projetos candidatos.

Percebe-se, portanto, que há muito que ser feito nesse campo de pesquisa. Em função dessa problemática, o presente trabalho se propõe a construir um modelo que estruture o processo de priorização dos projetos de P&D de uma organização.

1.1. Justificativa

A seleção de portfólio de projetos é uma atividade periódica e deve ser conduzida de forma que os objetivos declarados da organização sejam satisfeitos sem exceder os recursos disponíveis ou violar demais restrições. Alguns dos assuntos que devem ser levados em consideração nesse processo são os objetivos e prioridades organizacionais, os benefícios financeiros, os benefícios intangíveis, a disponibilidade de recursos, e o nível de risco do portfólio de projetos.

Além das dificuldades citadas anteriormente, devido às limitações de recurso existem usualmente restrições tais como financeira, de força de trabalho, e de instalações ou equipamentos, que devem ser consideradas. Algumas pesquisas (SCHNIEDERJANS e SANTHANAM, 1993 *apud* GHASEMZADEH e ARCHER, 2000) têm revelado que embora alguns projetos sejam selecionados para execução, estes não são concluídos em função das

limitações de recursos não terem sido formalmente incluídas no processo de seleção dos mesmos. Nos casos onde as limitações de recursos são responsáveis pelo fracasso dos projetos, um modelo de seleção que incorpore limitações de recursos poderia ajudar o decisor a evitar tais erros. A seleção de portfólio torna-se mais complexa quando os recursos disponíveis e o consumo não são uniformes ao longo do tempo.

Existem diferentes técnicas que podem ser usadas para estimar, avaliar, e escolher portfólios de projeto. Algumas dessas técnicas não são amplamente usadas porque não levam em consideração aspectos relevantes desse processo, são muito complexas ou requerem muitos dados de entrada, podendo também serem de difícil entendimento. Uma das maiores razões para o fracasso de técnicas de tradicionais para seleção de portfólios, apontada por certos autores (MATHIEU e GIBSON, 1993 *apud* GHASEMZADECH e ARCHER, 2000), é que elas prescrevem soluções para problemas de seleção de portfólio sem permitir o julgamento, o conhecimento e percepção do decisor.

Portanto, a proposição de um novo modelo deve tentar suprir tais dificuldades através de metodologias de fácil utilização, que incorpore na avaliação diferentes aspectos relevantes, e que realize a seleção do portfólio de P&D de acordo com as preferências e julgamentos do decisor.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é propor um modelo de decisão multicritério para estruturar o processo de priorização de projetos de P&D.

1.2.2. Objetivos Específicos

Os objetivos específicos desse trabalho consistem em:

- Abordar conceitos fundamentais, que servirão como guia na proposição de um modelo de decisão multicritério para priorização de projetos.
- Fazer uma revisão da literatura sobre como o problema de seleção de portfólio vem sendo trabalhado nos últimos anos e quais são os métodos que vêm sendo empregados.
- Realizar uma análise crítica sobre o que foi feito nessa área, lançando sugestões para futuros trabalhos.

- Construir um modelo, baseado em abordagem multicritério, para priorização de projetos de P&D, considerando a problemática aqui abordada, fatores relevantes de avaliação, e necessidades e expectativas da organização;
- Aplicação do modelo proposto através de um estudo de caso.

1.3. Estrutura da Dissertação

O presente trabalho está estruturado procurando abordar primeiramente os conceitos relevantes, passando-se a revisão da literatura dos trabalhos realizados na área de seleção de projetos de P&D, sendo feita, logo após, uma análise de alguns modelos de P&D atualmente em uso e, por fim, a proposição de um modelo multicritério para essa problemática.

O Capítulo 2 consiste na base conceitual necessária para o desenvolvimento desse trabalho. Basicamente, os conceitos abordados nesse capítulo referem-se à área de decisão multicritério. Primeiramente faz-se uma referência ao surgimento da área de apoio multicritério a decisão, levando em consideração sua relevância no cenário atual. São abordados ainda assuntos tais como: atores do processo decisório, fases do processo de apoio multicritério a decisão, problemáticas de referência, etc.

Foi feita uma revisão da literatura no Capítulo 3 sobre os trabalhos que vem sendo realizados abordando a seleção de projetos. São apresentados tanto trabalhos na área de projetos de Pesquisa e Desenvolvimento como na área de investimentos. No final do capítulo são apresentados alguns métodos que foram utilizados na priorização feita por algumas pesquisas. Por fim, baseado em tudo que foi visto no capítulo, é feita uma análise crítica e são propostas sugestões para futuros trabalhos.

No Capítulo 4 são analisados modelos de priorização de projetos de P&D de empresas do setor elétrico. Um desses modelos é estudado em maiores detalhes e sugestões para sua melhoria são propostas. Ainda nesse capítulo, é apresentado o modelo que foi construído para se realizar a priorização de projetos de P&D. Tal modelo se baseia em uma metodologia multicritério. Para visualizar a aplicabilidade do modelo proposto e poder comparar com o modelo anteriormente utilizado na empresa, é feita uma aplicação utilizando dados reais.

No Capítulo 5 são feitas as considerações finais do trabalho. São propostos, ainda, novos desafios para outros trabalhos a serem realizados dentro dessa linha de pesquisa.

2. BASE CONCEITUAL

2.1. Decisão multicritério

Uma decisão precisa ser tomada sempre que estamos diante de um problema que possui mais que uma alternativa para sua solução. Mesmo quando, para solucionar um problema, possuímos uma única ação a tomar, temos as alternativas de tomar ou não essa ação (GOMES *et. al.*, 2002). Malczewski (1999) *apud* Gomes *et. al.* (2002) acrescenta que decisões são necessárias quando uma oportunidade ou um problema existe, ou quando algo não é o que deveria ser ou, ainda, quando existe uma oportunidade de melhoria ou otimização.

Decidir pode ser entendido como o processo de colher informações, atribuir importância a elas, posteriormente buscar possíveis alternativas de solução e, depois, fazer a escolha entre as alternativas. Esse processo requer a existência de um conjunto de alternativas factíveis para sua composição, em que cada decisão (escolha de uma alternativa factível) tem associados um ganho e uma perda.

Algumas decisões, quando realizadas, seguem um único parâmetro para escolha; assim, procedemos a uma mensuração desse parâmetro, que pode ser qualitativo ou quantitativo. No entanto, na década de 70, vários pesquisadores e usuários de pesquisa operacional perceberam que as decisões no mundo real nunca se dão visando apenas um critério de decisão. As decisões humanas se dão em presença de pelo menos dois critérios. Logo, decidir é escolher uma alternativa em um conjunto de alternativas possíveis sob a influência de pelo menos dois parâmetros. Em decorrência disso, surgiram as metodologias de Apoio Multicritério à Decisão (AMD), que compreendem vários princípios, axiomas (proposição que se admite como verdadeira porque dela se podem deduzir as proposições de uma teoria ou de um sistema lógico ou matemático) e métodos analíticos para ajudar na tomada de decisões num ambiente considerado complexo.

Segundo Belton e Stewart (2002), critério pode ser entendido como um meio ou padrão de julgamento. No contexto de tomada de decisão, isto insinuaria algum tipo de padrão pelo qual uma escolha particular ou curso de ação poderiam ser julgados mais desejáveis que outros. Assim, toda decisão a ser tomada requer um balanceamento desses múltiplos fatores (critérios).

O problema de seleção de projetos de P&D é visto nesse trabalho como um problema de decisão multicritério. Segundo Vincke (1992), um problema de decisão multicritério é uma

situação em que, sendo definido um conjunto de ações A e uma família de critérios F , deseje-se:

- determinar um subconjunto de ações consideradas as melhores em relação a F (problema de escolha);
- dividir A em subconjuntos, de acordo com algumas normas (problema de classificação);
- ordenar as ações de A da melhor para a pior (problema de ordenação).

2.1.1. Apoio multicritério a decisão

Em problemas multicritério existem muitas informações de natureza complexa e conflitante, freqüentemente refletindo diferentes pontos de vista e freqüentemente mudando com o tempo. Um dos principais objetivos dos métodos de AMD é apoiar os decisores a organizar e sintetizar tais informações em uma direção que lhes permita sentirem confortáveis e confiantes em tomarem uma certa decisão, minimizando o potencial arrependimento pelo fato de todos os critérios e fatores terem sido levados em consideração. A idéia dos métodos de AMD deve ser facilitar o aprendizado e entendimento dos problemas por parte dos decisores, levando em consideração seus objetivos, bem como de outras partes envolvidas e as prioridades organizacionais e valores, e, por explorar esses fatores no contexto do problema, guiá-lo na identificação de um curso de ação preferível. Assim, seu foco é suportar ou apoiar os decisores e não prescrever como decisões devem ser tomadas (BELTON e STEWART, 2002).

Os métodos de apoio multicritério a decisão, não visam encontrar uma solução que seja uma verdade única representada pela ação selecionada, e sim apoiar o processo de decisão e, portanto, tão importante quanto a qualidade da informação disponível é a forma de tratamento analítico aplicada (GOMES *et. al.*, 2002).

Ao contrário das técnicas clássicas de pesquisa operacional, nos métodos de apoio multicritério à decisão a palavra otimização não faz sentido, uma vez que é impossível gerar soluções que sejam melhores, simultaneamente, para todos os pontos de vista. Tais métodos têm o objetivo de sugerir soluções com melhor compromisso, as quais levam em consideração as importâncias relativas entre os critérios, traduzidas pelos pesos dos critérios, e as preferências do decisor (ROY, 1985 *apud* BANA e COSTA, 1988).

2.1.2. Atores do processo decisório

Dentro do processo de decisão, existem os atores da decisão, que são as pessoas envolvidas nesse processo e que contribuem de alguma forma para a tomada de uma decisão satisfatória.

O tomador de decisão ou decisor é quem assume a responsabilidade pelo problema e influencia o processo de decisão de acordo com o juízo de valores que representa e/ou relações que se estabeleceram. O facilitador é um líder experiente que deve focalizar a sua atenção na resolução do problema, coordenando os pontos de vista dos decisores, mantendo os decisores motivados e destacando o aprendizado no processo de decisão. O analista deve analisar e auxiliar o facilitador e o decisor na formulação e estruturação do problema. Em um processo de tomada de decisão podem existir mais de um decisor, bem como mais de um facilitador e analista. Nem sempre, no entanto, é exigida a presença desses três atores.

Existem ainda outros grupos que podem influenciar o processo decisório. Dentre esses se encontram os *stakeholders*, os quais mesmo não tendo responsabilidade formal pela escolha, conseguem, muitas vezes, por sua ação, participar ativamente do processo decisório. Há ainda o grupo dos terceiros, que são aqueles grupos que não participam ativamente do processo de decisão, mas que são afetados pelas consequências da decisão, devendo ter, portanto, suas preferências consideradas pelos decisores. Como exemplo desses últimos, tem-se a sociedade.

2.1.3. Fases do processo de AMD

As três fases principais do processo do AMD identificadas por Belton e Stewart (2002) são:

- Identificação e estruturação do problema: antes de qualquer análise ser feita, os vários grupos de interesse, incluindo os facilitadores e analistas técnicos, necessitam desenvolver um entendimento comum sobre o problema, sobre as decisões que devem ser tomadas e sobre os critérios, segundo os quais as decisões serão julgadas e avaliadas.

- Construção e uso do modelo: a característica primária do MCDA é o desenvolvimento de modelos formais das preferências dos decisores, dos objetivos, etc. Dessa forma, cada alternativa, sob essas considerações, pode ser comparada em relação às outras, de maneira sistemática e transparente.

- Desenvolvimento (implantação) dos planos de ação: as análises não resolvem o problema de decisão. O AMD está interessado também na implantação dos resultados, que é

uma tradução das análises em planos de ação específicos. O AMD não é apenas um processo de análise e de modelagem técnica, mas também um processo de suporte à implementação.

Apesar dos métodos de AMD puderem ser, em princípio, utilizados diretamente pelo decisor, na maioria dos casos, esses métodos são implementados por um facilitador ou analista, trabalhando conjuntamente com o decisor e/ou com outras partes interessadas.

2.1.4. Problemáticas de referência

Segundo Roy (1996) existem quatro tipos diferentes de problemáticas, para as quais os métodos de AMD podem ser aplicados, são elas:

– Problemática de escolha: tem por finalidade realizar uma simples escolha de uma alternativa dentre um conjunto de alternativas.

– Problemática de ordenação: tem por objetivo agrupar (categorizar, classificar) as alternativas em classes ou categorias, tais como “definitivamente aceitável”, “possivelmente aceitável mas precisa de mais informações”, e “definitivamente inaceitável”.

– Problemática de ordenação: tem por objetivo colocar as ações em alguma forma de ordenação de preferência, que não deve ser necessariamente completa.

– Problemática de descrição: tem por finalidade esclarecer a decisão por uma descrição, em linguagem apropriada, das ações e de suas conseqüências, e então, o decisor poderá avaliar estas ações.

A estas problemáticas são acrescentadas ainda:

– Problemática de design: consiste em procurar, identificar ou criar novas alternativas de decisão de acordo com as metas e aspirações definidas pelo processo do AMD.

– Problemática de Portfólio: consiste em escolher um subconjunto de alternativas de um grande conjunto de possibilidades, levando em consideração não só as características de cada alternativa individual, mas a maneira como elas interagem.

Especificamente, o problema aqui abordado pode ser tratado a partir de uma problemática de ordenação pois o que se deseja é, em função de uma série de critérios, ordenar os projetos de P&D. De fato, freqüentemente, a priorização de portfólio de projetos é abordada de forma simples, através da problemática de ordenação. Todavia, quando o ambiente em que o processo decisório está sendo conduzido é favorável, a forma mais apropriada de realizar essa priorização é levando em consideração as interações entre os projetos.

2.1.5. Métodos de apoio multicritério a decisão

O AMD propõe-se a ter uma visão prescritiva (ou prescritivista) e construtiva (ou construtivista) (ROY; 1977 e 1985 *apud* GOMES *et. al.*, 2002) dos problemas. Na visão prescritiva, fazem-se modelos que são apresentados ao decisor e este decide se os aceita ou não. A visão construtiva consiste em construir modelos utilizando o processo decisório; a estruturação avança de forma interativa de modo coerente com os objetivos e valores do decisor.

O Apoio Multicritério à Decisão não busca, portanto, uma solução ótima para determinado problema, mas uma solução de compromisso, em que deve prevalecer o consenso entre as partes envolvidas. Segundo esse enfoque, os critérios estabelecidos, bem como a importância a eles atribuída, têm papel fundamental nos resultados obtidos. Esse tipo de análise permite tratar o processo decisório de forma mais transparente, aumentando sua credibilidade. Há que se notar, porém, que a abordagem do problema de decisão, pela óptica do Apoio Multicritério, não visa apresentar ao agente de decisão solução definitiva para seu problema, elegendo uma única verdade representada pela alternativa selecionada. Essa abordagem visa, sim, apoiar o processo decisório com a recomendação de ações que estejam em sintonia com as preferências expressas pelo agente de decisão.

Roy (1985) *apud* Bana e Costa (1988) apresenta as famílias de abordagens em que os métodos multicritério são divididos, relativos aos princípios de modelagem de preferência, classificadas em 3 grandes abordagens:

- Abordagem do critério único de síntese: idealizada pela Escola Americana, consiste na agregação de diferentes pontos de vistas em uma única função que deve ser posteriormente otimizada. Assume-se que todos os estados são comparáveis e que existe transitividade nas relações de preferência e indiferença. Os métodos dessa abordagem favorecem alternativas não balanceadas, onde um desempenho muito ruim para um critério pode ser compensado por um desempenho ótimo para outro. O método mais abordado é o da Teoria da Utilidade Multiatributo (*Multiple Attribute Utility Theory* – MAUT).

- Abordagem da Sobreclassificação ou da Prevalência (*Outranking; Surclassement*): idealizada pela Escola Francesa, consiste da construção das relações de sobreclassificação (*outranking*), as quais representam as preferências estabelecidas pelo decisor e buscam explorá-las de tal forma que auxilie o decisor na solução do problema. Diferencia-se principalmente, da escola americana, por admitir a possibilidade de incomparabilidade entre alternativas. Os métodos de sobreclassificação requerem a informação da importância relativa

entre os critérios, a informação intercritério. A maioria dos métodos traduz essa importância relativa por meio de pesos. Intuitivamente, esses métodos favorecem as alternativas mais balanceadas, que apresentam um melhor desempenho médio.

– Abordagem do julgamento Interativo: utiliza a abordagem de tentativas e erros; muito usada em estruturas de programação matemática.

2.1.5.1. Teoria da Utilidade Multiatributo - MAUT

A metodologia de Utilidade Multiatributo inicia-se com a avaliação de várias condições de independência, sobre atitudes do decisor a cerca de suas preferências, apropriadas ao problema que se está analisando e, em seguida, obtém-se uma forma funcional consistente com as condições consideradas (KEENEY e RAIFFA, 1976; VINCKE, 1992; OLSON, 1996).

Keeney e Raiffa (1976) *apud* Gomes *et. al.* (2002), apresentam uma metodologia que permite a determinação da função utilidade por um processo composto de cinco etapas: 1) Preparação do decisor para avaliação; 2) Identificação de independência; 3) Avaliação da função utilidade condicional; 4) Avaliação das constantes de escala; 5) Checagem da consistência.

Proveniente da escola americana, consiste na agregação de diferentes atributos em um critério único de síntese. Esse método de agregação dos critérios equivale a uma compensação entre os mesmos, o que sugere, segundo Vincke (1992), uma quantidade que contrabalance a desvantagem de um, em relação a uma vantagem de outro. Por esse motivo é chamado de método compensatório.

No conjunto de métodos de apoio multicritério à decisão, esse é o único que recebe o nome de teoria. Essa distinção está associada à forma como se obtém a função utilidade multiatributo. Como teoria, a determinação da função está associada à confirmação da relação que existe entre a estrutura axiomática da teoria e a estrutura de preferências do decisor. Como método, essa confirmação não é efetuada, pelo menos em alguns estágios do processo de análise (GOMES *et. al.*, 2002).

2.1.5.2. VIP Analysis

O VIP (*Variable Interdependent Parameters*) Analysis é um *software*, proposto por Dias & Clímaco (2000), que utiliza uma função valor aditiva para agregar diferentes performances quando se dispõe de informações imprecisas ou mesmo quando o decisor não é capaz de fixar valores precisos para a importância dos parâmetros. O VIP utiliza uma abordagem com parâmetros interdependentes variáveis. Essa abordagem sugere que a

importância dos parâmetros, que representam as preferências dos decisores, sejam tratados como variáveis interdependentes sujeitas a restrições impostas pela estrutura de preferências do decisor. Essas informações sujeitas a restrições são classificadas como imprecisas ou incompletas por Dias & Clímaco (2000).

Diferentemente da função de utilidade aditiva utilizada no MAUT, no *VIP Analysis* considera-se uma função onde a avaliação das ações ou alternativas é obtida em função dos parâmetros também. Isto é feito através de uma função valor aditiva, que considera os parâmetros como variáveis, avaliando todas as possibilidades admitidas pelo decisor. Dessa forma, o *VIP Analysis* considera todas as composições de parâmetros para as quais existe indeterminação por parte do decisor. A função valor aditiva é expressa conforme a equação:

$$V(a_i, k) = \sum_{j=1}^n k_j u_j(g_{ij})$$

Onde a_i são as alternativas do problema de decisão, $k = (k_1, k_2, \dots, k_n)$ é um elemento do conjunto K (conjunto de combinações aceitáveis de valores para as constantes de escala em um dado estágio do processo de apoio a decisão) e $u_j(g_{ij})$ é a função que representa o valor da performance da i -ésima alternativa no j -ésimo critério ou atributo, esta função associa um número real a cada performance, tal que $u_j(g_{x_{ij}}) > u_j(g_{y_{ij}})$ se a performance $g_{x_{ij}}$ for melhor que a performance $g_{y_{ij}}$, e $u_j(g_{x_{ij}}) = u_j(g_{y_{ij}})$ se as duas performances são igualmente preferidas.

2.1.5.3. Método AHP

O Processo de Análise Hierárquica (AHP) é um dos métodos mais utilizados em problemas multicritério, como ferramenta de apoio à tomada de decisão (SAATY, 1991). Nele, o problema de decisão é representado por uma hierarquia em cujo nível mais alto se encontram os objetivos finais, as alternativas estão nos últimos níveis e os critérios nos níveis intermediários (VINCKE, 1992; OLSON, 1996).

Um julgamento comparativo é realizado em cada nível da hierarquia, considerando-se a contribuição de cada elemento em relação aos elementos do nível hierárquico imediatamente superior. Utiliza-se uma escala numérica para realizar a avaliação entre os pares. Se a comparação é entre as alternativas, o julgamento é feito baseado em razões de preferências. No caso de comparação entre os critérios, utilizam-se razões de importância (VINCKE, 1992).

2.1.5.4. Métodos SMART e SMARTS

O SMART (*Simple Multiattribute Rating Technique*) é um método bastante utilizado para resolver problemas que envolvem múltiplos objetivos. Ele foi desenvolvido por Edwards

em 1971, que o projetou a fim de prover uma maneira simples para implementar os princípios da Teoria da Utilidade Multiatributo.

O SMART não requer julgamento de preferência ou indiferença entre alternativas hipotéticas, como é requerido na maioria dos métodos derivados do MAUT. Edwards (1994) define que julgamentos hipotéticos são irrealis e não representam as preferências reais, e entedia os decisores não instruídos, conduzindo-os a rejeição do processo de elicitação ou a aceitação de qualquer resposta com o intuito de mais rapidamente terminar o questionário.

A idéia básica da medição da utilidade multiatributo é que cada consequência de uma ação pode ter valor em um número de diferentes dimensões. O MAUT procura medir estes valores em uma dimensão por vez e, segue pela agregação destes valores sobre as dimensões, através do processo de obtenção do peso. A mais simples e mais utilizada regra de agregação é tomar uma média ponderada linear.

Com o objetivo de corrigir um erro do SMART, Edwards (1994) propôs o SMARTS (SMART usando processo de troca). O SMARTS se baseia em um novo processo de elicitação dos pesos, conhecido como processo de troca.

A grande diferença existente entre o SMART e o SMARTS, dessa forma, está relacionada com a metodologia utilizada para a atribuição de pesos aos critérios. No SMARTS é utilizada uma metodologia conhecida como processo de troca. Nesse método, o decisor é convidado a considerar a situação hipotética de uma alternativa que possui a menor pontuação em todos os critérios envolvidos no processo de decisão. O decisor, assim, atribui 100 pontos para o critério que decide elevar primeiro à maior pontuação possível. O decisor, após atribuir 100 pontos para esse critério, elimina-o do processo GOMES *et. al.* (2002).

O decisor consulta os critérios restantes e novamente escolhe o critério que gostaria de elevar, e atribui um valor inferior a 100 pontos, e assim o faz para todos os critérios.

Comumente o método é aplicado utilizando-se os nove passos.

1. Identificação do decisor (pessoa ou organização dos quais a utilidade deverá ser maximizada);
2. Identificar a questão ou as questões. Utilidade depende do contexto e do propósito de decisão;
3. Identificar as alternativas a serem avaliadas;
4. Identificar os atributos que são importantes para avaliação das alternativas;
5. Avaliação das alternativas em cada dimensão;
6. Utilizar o processo de troca;

7. Localizar os critérios dentro da escala de 0 a 1;
8. Cálculo das utilidades para as alternativas;
9. Decidir.

2.1.5.5. Métodos da Família ELECTRE

A Família ELECTRE (*Elimination and Choice Translating Algorithm*), de origem francesa, foi inicialmente proposta por Benayoun, Roy e Sussman, em 1968 e desenvolvida, posteriormente, por Bernard Roy (ROY, 1996).

Basicamente, o método ELECTRE se propõe a reduzir o tamanho do conjunto de alternativas, explorando o conceito de dominância. É utilizado um índice de concordância para medir a vantagem relativa de cada alternativa sobre todas as outras. De forma similar, é definido um índice de discordância, que mede a relativa desvantagem (ROY, 1996; VINCKE, 1992). O procedimento para redução do conjunto de alternativas é continuado até se obter um pequeno subconjunto, representado por alternativas de melhor compromisso com o problema (VINCKE, 1992). É assumido que o decisor é capaz de fornecer informações intercritérios, que refletem a importância relativa entre os objetivos, ou seja, pesos dos critérios (ROY, 1996). Esses pesos podem ser decorrentes de cálculos técnicos ou de expressões de julgamento de valor.

As versões mais utilizadas do ELECTRE são:

- ELECTRE I: procura selecionar um conjunto de alternativas dominantes, sendo indicado para problemáticas de escolha;
- ELECTRE II: resulta num ranking das alternativas não dominadas, sendo indicado para problemáticas de ordenação;
- ELECTRE III: aplicável nos casos onde a família de pseudo-critério são agregados, sendo indicado para problemáticas de classificação;
- ELECTRE IV: é análogo ao anterior por considerar duas relações de classificação, sendo sua exploração bem mais simples e não efetua ponderação entre os critérios. É indicado para problemáticas de ordenação;
- ELECTRE TRI: aborda a problemática de classificação em que o objetivo é dividir as alternativas em categorias distintas a partir de seus valores intrínsecos.

2.1.5.6. Métodos PROMETHEE

O método PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation*) (BRANS e VINCKE, 1985), consiste em construir uma relação de

sobreclassificação de valores (VINCKE, 1992). Pertencente à família dos métodos de sobreclassificação, ele procura enriquecer a relação de dominância, negociando, desse modo, menos credibilidade para um maior número de pares de ações comparáveis.

É um método que requer informações intercritério correspondentes a relativa importância entre os vários objetivos, que podem ser decorrentes de cálculos técnicos ou de expressões de julgamento de valor. Assim, esses métodos favorecem as ações mais balanceadas que possuem maior performance média.

O método PROMETHEE estabelece uma estrutura de preferência entre alternativas discretas, tendo uma função de preferência entre alternativas para cada critério. Esta função indica a intensidade da preferência de uma alternativa à outra, com o valor variando entre 0 (indiferença) e 1 (preferência total).

As seguintes implementações do PROMETHEE são descritas na literatura (BRANS *et al.*, 1984; BRANS e MARESCHAL, 1998; BRANS e MARESCHAL, 2002):

– PROMETHEE I: a interseção entre os fluxos estabelece uma relação de sobreclassificação parcial entre as alternativas;

– PROMETHEE II: classifica as alternativas, estabelecendo uma ordem decrescente de $\phi(a) = \phi^+(a) - \phi^-(a)$ (fluxo líquido); estabelece uma ordem completa entre as alternativas;

– PROMETHEE III: amplia a noção de indiferença do resultado obtido no PROMETHEE II associando a cada ação um intervalo e define uma ordem intervalar completa;

– PROMETHEE IV: é uma extensão do PROMETHEE II para o caso de um conjunto contínuo de ações;

– PROMETHEE V: nesta implementação, após estabelecer uma ordem completa entre as alternativas (PROMETHEE II), são introduzidas restrições, identificadas no problema para as alternativas selecionadas, incorporando uma filosofia de otimização inteira;

– PROMETHEE VI: nesta implementação, está associada um espaço de liberdade de para o decisor, dando ao decisor alguma informação na sua própria visão do problema multicritério.

2.1.6. Outros métodos utilizados em problemas de decisão multicritério

Existem métodos que, apesar de não constituírem métodos formais de apoio multicritério a decisão, são muitas vezes utilizados em problemas multicritério, em particular na seleção de projetos de P&D.

O *Balance Scorecard* (BSC) (ZEE e JONG, 1999 *apud* COSTA, 2003) é um exemplo dos métodos que vêm sendo utilizados na solução de problemas de decisão multicritério. Ele consiste em uma ferramenta de gestão estratégica, que avalia o conjunto de alternativas sob a perspectiva dos resultados estratégicos que as alternativas podem acarretar para o decisor ou para uma organização. Focaliza aspectos tais como: contribuição para o negócio, orientação para o usuário e excelência operacional.

Há ocasiões, no entanto, em que os problemas multicritério são tratados como problemas monocritério, levando em consideração apenas benefícios financeiros medidos através do Valor Presente Líquido (*Net Present Value* – NPV) ou da taxa interna de retorno (*Internal Rate of Return* – IRR). O NPV é uma forma de comparar o valor monetário atual com seu valor no futuro. Algumas vezes, calcular o NPV é difícil porque nem sempre é claro que a taxa de desconto deve ser usada, nem como esta taxa muda para o projeto no futuro. A IRR é definida como a taxa de desconto que faz o NPV, do fluxo monetário de um investimento, igual a zero, caso esse investimento requeira e produza um número de fluxo monetário com o passar do tempo (COSTA, 2003). Ao avaliar os projetos em função unicamente de um desses parâmetros, deixa-se, no entanto, de captar outros fatores relevantes inerentes aos projetos de P&D.

Todas as metodologias de apoio multicritério a decisão, acima discutidas, podem ser empregadas no problema de seleção de portfólios de P&D, devendo-se para tanto avaliar a adequação do método à problemática e aos objetivos do decisor.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. Visão Geral

Esse capítulo tem por objetivo fazer uma breve discussão sobre o problema de seleção de portfólios. Embora o foco seja a seleção de portfólios de projetos de P&D, foram abordados também os problemas na área de portfólios de investimentos. Primeiramente, esse capítulo apresenta também considerações sobre o problema de seleção de portfólios gerais.

A escolha de projetos alinhados com os objetivos estratégicos empresariais é um fator de relevante importância na tentativa das organizações tentarem se manter competitivas. Dessa forma, a principal questão abordada aqui não é a importância de se avaliar rigorosamente os projetos submetidos para seleção, mas como esta avaliação vem sendo feita e quais métodos são mais frequentemente utilizados em cada caso. Serão discutidas metodologias utilizadas por alguns autores dentro dos vários campos de aplicação da seleção de portfólios. O objetivo principal de todas elas, no entanto, é estabelecer um portfólio de projetos que atenda as exigências organizacionais, levando em consideração a disponibilidade orçamentária, de recursos e de tempo.

Muitos autores (GHASEMZADEH e ARCHER, 2000; TIAN *et. al.*, 2000) discutem a existência de metodologias de difícil aplicação, que requerem muitas informações para poderem ser aplicadas. Há ainda alguns (COOPER *et. al.*, 2001 *apud* COLDRICK *et. al.*, 2005; ARCHER e GHASEMZADEH, 1999) que propõem a construção de metodologias flexíveis, que incorporem diferentes métodos de seleção, de forma que o decisor ou grupo de decisores possa escolher de forma interativa o melhor procedimento para se chegar a um portfólio satisfatório. Na avaliação dos portfólios de projetos, vários critérios são levados em consideração, não somente os benefícios provenientes do desenvolvimento de um determinado projeto como também o risco associado a ele. Na maioria dos casos, os projetos são avaliados principalmente em função: do retorno econômico, medido através de várias análises financeiras; da análise custo/benefício; do risco associado; dos objetivos e necessidades organizacionais; entre outros.

Com relação ao campo de portfólios de investimento, fica clara a utilização pela maioria dos autores da metodologia de média-variância proposta por Markowitz (1952). Nesse modelo cada ação é caracterizada por um retorno, que varia aleatoriamente com o tempo, e o risco de cada ação é medido através da variância do seu retorno. O objetivo é escolher o

melhor portfólio de investimentos, dada uma certa quantidade monetária e diferentes opções para se aplicar esse montante.

A seleção de portfólios de projetos de P&D pode ser entendida como um processo de tomada de decisão encontrado em diversos setores, tais como governamentais, universidades, institutos de pesquisa e companhias privadas. Todos esses órgãos, todavia, têm por objetivo, a partir da implementação de novas tecnologias e de pesquisas intensivas sobre os produtos e serviços oferecidos, atender eficazmente as necessidades de seus clientes e se tornarem mais competitivas frente a seus concorrentes. Para tanto, os diversos departamentos da organização formulam projetos que vão de encontro a esses objetivos e, então, em função das limitações financeiras e de recursos, surge a necessidade de priorizar esses projetos.

As principais dificuldades enfrentadas na seleção de portfólios em todos os campos de aplicação consistem na previsão sobre os impactos futuros do desenvolvimento de determinados projetos e na determinação de um portfólio que atenda os interesses, muitas vezes conflitantes, das partes interessadas, ou seja, dos decisores. As empresas devem atentar ainda para o fato de que o desenvolvimento de determinados projetos pode não acarretar benefícios monetários ou outros mais perceptíveis, mas em longo prazo podem implicar em vantagens competitivas para a organização.

É necessária a geração de uma grande quantidade de informações para apoiar o processo decisório de seleção de portfólios. Dessa forma, muitos trabalhos focaram na construção de Sistemas de Apoio a Decisão (SAD), que tendo como base modelos de decisão, forneçam e analisem informações para que se chegue a uma solução satisfatória.

Tanto na área de investimentos como na de projetos de P&D, poucos métodos levam em consideração as implicações resultantes das combinações de diferentes formas de investimento ou de projetos. Dessa forma, a associação dos projetos candidatos é um fator difícil de ser trabalhado e negligenciado por muitos processos de seleção de portfólios. Constitui-se assim num desafio para as organizações a avaliação estratégica do desenvolvimento em paralelo de diferentes projetos.

3.2. Campos de Aplicação

3.2.1. Portfólios em geral

A seleção de portfólio de projetos e as atividades associadas de gerenciamento dos projetos selecionados são atividades importantes em muitas organizações, uma vez que metodologias de gestão de projetos são comumente usadas em muitas indústrias para atividades tais como Pesquisa

e Desenvolvimento de novos produtos, implementação de novos sistemas, processos na manufatura e sistemas de informação e construção de projetos. Mas normalmente existe uma quantidade maior de projetos disponíveis para seleção do que a quantidade que pode ser empreendida pela empresa em função de suas limitações físicas e financeiras. Assim, escolhas devem ser feitas para compor um portfólio de projeto satisfatório (ARCHER e GHASEMZADEH, 1999).

Segundo Archer e Ghasemzadeh (1999) existem muitas técnicas relativamente divergentes que podem ser usadas para calcular, avaliar, e escolher os portfólios de projeto. Muitas destas técnicas não são usadas amplamente porque: são muito complexas e requerem muitos dados de entrada, provêm um tratamento inadequado do risco e incerteza, falham no reconhecimento de inter-relações e critérios inter-relacionados, podem ser difíceis de serem entendidas e usadas, ou podem não ser usadas na forma de um processo organizado. Mas por causa do crescimento da competitividade na economia global, a análise e planejamento de portfólio de projetos têm ganhado espaço nos últimos anos e se tornado tão importante quanto o planejamento de portfólio de negócios tornou-se por volta dos anos 70 e 80. As empresas que desejam ser competitivas, através da seleção dos projetos mais apropriados devem, todavia, usar técnicas e procedimentos para a seleção de projetos que são baseados nas medidas de projeto mais críticas, mas essas técnicas não podem ser usadas se não forem prontamente entendidas pelos decisores. Ainda de acordo com esses autores, apesar de existirem muitas técnicas que podem ser usadas para avaliação de projetos e seleção de portfólio, não existe uma estrutura que organize essas técnicas logicamente em um processo flexível que suporte o processo de seleção de portfólio de projeto.

Um projeto pode ser definido como “um esforço complexo, com duração geralmente menor que três anos, formado por atividades relacionadas, executadas por várias organizações, com objetivo, programação e orçamento bem definidos” (ARCHIBALD, 1992 *apud* ARCHER e GHASEMZADEH, 1999). Um portfólio de projetos, por sua vez, é um grupo de projetos que estão sendo considerados para execução por uma organização particular.

Estes projetos têm que competir por recursos escassos (recursos humanos, financeiros, tempo, etc.) disponibilizados pela organização, uma vez que não existem normalmente recursos suficientes para levar a cabo todos os projetos propostos que satisfazem as exigências mínimas da organização em certos critérios como rentabilidade potencial, etc. A seleção de portfólio consiste em selecionar, a partir das propostas de novos projetos e dos projetos atualmente em andamento, aqueles que satisfazem os objetivos declarados da organização de uma maneira desejável sem exceder os recursos disponíveis ou violar outras restrições.

Muitos artigos e livros sobre avaliação e seleção de projetos têm sido publicados, discutindo mais de 100 técnicas diferentes (COOPER, 1993 *apud* ARCHER e GHASEMZADEH, 1999).

Archer e Ghasemzadeh (1999) dividem o processo de seleção de portfólio e avaliação de projeto em três fases: Considerações Estratégicas, Avaliação Individual de Projeto, e Seleção de Portfólio. Técnicas usadas na primeira fase podem ajudar na determinação de um foco estratégico e na alocação do orçamento total para o portfólio, enquanto as técnicas da segunda fase podem ser usadas para avaliar um projeto independentemente de outros projetos. A terceira fase se trata da seleção de portfólio baseada em parâmetros de projetos candidatos, incluindo suas interações com outros projetos através de restrições de recurso ou outras interdependências.

Com relação à primeira fase de Considerações Estratégicas, pode-se afirmar que as implicações estratégicas da seleção de portfólio são complexas e variadas, e envolvem considerações de fatores externos e internos à empresa, incluindo o mercado em que a mesma atua e seus pontos fortes e fracos. Estas considerações podem ser usadas para construir uma ampla perspectiva de direção e foco estratégicos, e iniciativas específicas para obtenção de vantagem competitiva. Essa estratégia pode ser usada para desenvolver um objetivo para um portfólio de projetos e o nível de recursos requeridos por este portfólio. Matrizes de portfólio de projeto têm sido usadas para avaliar o posicionamento estratégico da empresa, onde são mostrados vários critérios para a posição de uma empresa em uma ou mais apresentações em duas dimensões descritivas. Estas apresentações podem ser usadas pelos decisores para avaliar a posição atual deles e onde eles gostariam que empresa estivesse no futuro. Wheelwright e Clark (1992) *apud* Archer e Ghasemzadeh (1999) discutem uma estrutura de mapeamento de projeto que desenvolve uma direção estratégica para a empresa. Está claro que a direção estratégica da empresa deve ser determinada antes que os projetos individuais possam ser analisados para um portfólio de projetos; muitas empresas fazem preparação extensa e planejamento da estratégia antes de considerar os projetos individuais.

Uma consideração operacional importante feita por Archer e Ghasemzadeh (1999) é que, enquanto houver muitas metodologias possíveis que podem ser usadas na seleção de portfólio, não haverá nenhum consenso sobre qual é mais efetiva. Como consequência cada organização tende a escolher, para as classes de projetos que estão sendo consideradas, as metodologias que se aplicam melhor à sua cultura e que permitem considerar atributos de projeto que a empresa acredita serem os mais importantes. Também, as metodologias mais usadas no desenvolvimento de um portfólio para uma classe de projetos podem não ser as melhores para outra classe (por exemplo, boas estimativas de valores quantitativos como custos e tempo podem estar com certeza prontamente disponíveis para certas construções de projetos, mas julgamentos qualitativos são mais prováveis de serem usados para o desenvolvimento de novos produtos).

A preocupação principal com a maioria dos modelos de escolha de portfólios de projeto é que eles são complexos e difíceis de usar, e que eles requerem grandes quantidades de dados de

entrada. Para amenizar estes problemas, o processo de seleção de portfólios deve ser organizado de uma forma lógica em que cada estágio se move a partir tanto de uma perspectiva *top-down* (considerações estratégicas) como de uma perspectiva *bottom-up* (considerações de projeto individual) através de uma análise integrada dos projetos mais prováveis de serem selecionados. Porém, cada estágio deve ter uma base teórica sólida na modelagem, e deve gerar dados satisfatórios para alimentar o estágio seguinte. Os usuários precisam acessar os dados que estão por traz dos modelos, para aumentar a precisão dos dados que são usados e para aumentar a probabilidade de sucesso das decisões que estão sendo feitas. Ao mesmo tempo, os usuários não devem ser sobrecarregados com dados desnecessários; esses só devem estar disponíveis quando necessários e requisitados. Os usuários também precisam de treinamento no uso de técnicas que especificam os parâmetros de projeto que são usados nas tomadas de decisão. Um equilíbrio global deve ser alcançado entre a necessidade de simplificar e a necessidade de gerar soluções bem fundadas e lógicas.

O benefício proveniente dos métodos de avaliação de projetos é medido em termos da contribuição individual de cada projeto a um ou mais objetivos do portfólio (por exemplo, retorno de investimento). A Avaliação Individual dos Projetos inclui técnicas como:

- Retorno Econômico: inclui Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno, Retorno do Investimento Original (ROI), Retorno do Investimento Médio (RIM), Tempo de Retorno (TR), e Valor Esperado (VE). Posteriormente, é possível fazer considerações sobre o risco em várias fases do projeto, normalmente baseado em TIR ou VPL. Estas técnicas incluem consideração de dependência de tempo de investimento e fluxos de renda.

- Análises Custo/Benefício: envolvem o cálculo de uma relação custos/benefícios, onde os dados de entrada podem ser derivados dos cálculos do valor presente tanto dos benefícios quanto dos custos dos projetos, colocando-os em uma mesma base de tempo.

- Risco: Risco é uma combinação da probabilidade de um evento (normalmente uma ocorrência indesejável) e as conseqüências associadas a esse evento. Todo projeto tem algum risco associado em relação à satisfação dos objetivos especificados para o mesmo. Para analisar risco do projeto, esse é decomposto primeiro em atividades componentes, formando a estrutura fragmentada de trabalho do projeto. Análises sobre as atividades ao longo do ciclo de vida do projeto são feitas de forma relativamente simples (por exemplo, desenvolvimento e atividades de mercado durante a análise de viabilidade de um novo produto) e complexa (por exemplo, análise detalhada de atividades para um plano empresarial). Eventos de risco relacionados a cada atividade são então identificados, e as probabilidades e conseqüências dos mesmos são estimadas. Informações usadas para estimar o risco podem ser obtidas através da opinião de especialistas, dados técnicos, ou experiências prévias com projetos semelhantes. Um modelo que combina os

riscos de cada atividade, incluindo eventos interdependentes, podem assim ser usados para estimar o risco do projeto completo. Modelos usados na análise de risco incluem simulação Monte Carlo, Teoria da Decisão, teoria estatística de Bayes e Teoria da Decisão combinada com metodologias de diagrama de influência. O cálculo do risco é importante quando se considera a inclusão de um projeto em um portfólio, evitando-se, assim, projetos de alto risco que possam prejudicar o futuro da organização.

– Metodologias de pesquisa de mercado: podem ser usadas para coletar dados para prever a demanda de novos produtos ou serviços, baseadas nos conceitos ou protótipos apresentados aos consumidores potenciais, para medir o mercado potencial. As técnicas usadas incluem painéis com os consumidores, mapeamento de preferências, entre muitas outras.

O uso de uma técnica específica para avaliação de portfólio depende da situação. Por exemplo, uma organização que está desenvolvendo um novo produto pode utilizar pesquisas de mercado, retorno econômico e análise de risco para obter as características dos projetos que podem ser usadas durante o processo de seleção. Por outro lado, uma agência governamental pode usar medidas econômicas e análise custo/benefício. As medidas usadas podem ser quantitativas ou qualitativas, mas independentemente da técnica que seja usada para prover essas medidas, um conjunto comum de medidas deve ser usado de forma que os projetos possam ser comparados igualmente durante todo o processo de seleção do portfólio.

O número de projetos que podem ser propostos para o portfólio pode ser bastante grande, e a complexidade do processo de decisão e a quantidade de tempo requerida para escolher o portfólio aumenta geometricamente com o número de projetos a serem considerados. Além disso, a probabilidade de se fazer escolhas empresariais sólidas pode ser comprometida se um grande número de projetos deve ser considerado desnecessariamente. Por esta razão, processos de apresentação deveriam ser usados para eliminar projetos que são claramente deficientes com antecedência, antes que a fase de seleção de portfólio do processo comece. Por exemplo, uma apresentação dos projetos deve ser feita para eliminar aqueles que não estão alinhados com o foco estratégico da organização, que não possuem ainda informação suficiente para se tomar uma decisão ou que não satisfazem exigências marginais como uma Taxa Interna de Retorno mínima.

A fase de Seleção de Portfólio envolve a comparação simultânea de um grupo de projetos em dimensões particulares, para se chegar a uma ordenação desejável dos mesmos. Os projetos que possuem a melhor colocação, em face de suas avaliações em relação aos critérios, serão então selecionados para o portfólio, e estarão sujeitos às disponibilidades de recurso. Objetivos (ou critérios) múltiplos e freqüentemente contraditórios e projetos altamente interdependentes podem ser associados à Seleção de Portfólio. As técnicas de Seleção de Portfólio podem ser divididas nas seguintes classes:

– Metodologias *ah hoc*: tais como (a) *Profiles*, uma forma de modelo de ordenação, onde limites são estabelecidos para os vários níveis de atributo de um projeto, e qualquer projeto que não atenda a estes limites é eliminado (estudos sobre os aspectos da interface homem-computador de tais metodologias mostram que os usuários preferem essas metodologias de esforço mínimo, elas fornecendo ou não uma solução ótima), e (b) seleção interativa, envolvendo um processo interativo entre os projetos analisados e os decisores responsáveis até que a escolha dos melhores projetos seja feita.

– Metodologias de comparação: incluem Q-Sort, comparação par-a-par, o Processo de Análise Hierárquica (AHP), comparações sucessivas, etc. Q-Sort é o mais flexível destes métodos. Nestes métodos, primeiro os pesos dos diferentes objetivos são determinados, então as alternativas são comparadas em face das suas contribuições para estes objetivos, e finalmente um conjunto de medidas dos benefícios dos projetos é computado. Uma vez que os projetos tenham sido organizados em uma base comparativa, os decisores podem a partir do topo da lista, ir selecionando projetos até que recursos disponíveis se esgotem. Com estas técnicas, podem ser considerados critérios de julgamento quantitativos e/ou qualitativos. No AHP, os critérios são decompostos em uma hierarquia e a prioridade relativa ou importância dos elementos em um nível mais baixo é determinada por comparação par-a-par feita pelo decisor. Estes são combinados no próximo nível mais alto em prioridades relativas àquele nível, até que o nível mais alto seja alcançado. Um modelo linear é então derivado, e usado para estabelecer pesos para os critérios. Se só houver alguns projetos, uma comparação par-a-par dos projetos alternativos através de critérios pode ser usada neste momento. A maior desvantagem do Q-Sort, da comparação par-a-par e do AHP é o grande número de comparações envolvidas, tornando esses métodos difíceis de serem usados para comparar grandes números de projetos. Além do mais, sempre que um projeto é adicionado ou excluído da lista, o processo deve ser repetido.

– Modelos de ordenação: usam um número relativamente pequeno de critérios de decisão, tais como custo, mão-de-obra disponível, probabilidade de sucesso, entre outros, para especificar a desejabilidade dos projetos. A contribuição de cada projeto é determinada em relação a cada critério. As avaliações são então combinadas para se obter uma medida de benefício total para cada projeto. A maior vantagem é que os projetos podem ser adicionados ou excluídos sem ter que recalcular a avaliação dos outros projetos.

– Matrizes de portfólio: podem ser usadas como ferramentas de tomada de decisões estratégicas. Elas podem ser usadas também para priorizar e alocar recursos entre os projetos competidores. Estas técnicas são baseadas em representações gráficas dos projetos sob consideração, em duas dimensões como a probabilidade de sucesso e o valor econômico esperado.

Isto permite uma representação dos projetos nas dimensões apresentadas para que os mesmos possam ser selecionados.

– Modelos de otimização: selecionam da lista de projetos candidatos um conjunto que provê o máximo benefício (por exemplo, máximo valor presente líquido). Estes modelos são geralmente baseados em alguma forma de programação matemática, para apoiar o processo de otimização e para incluir características dos projetos tais como dependências e restrições de recurso, características técnicas e de mercado, ou considerações de programa. Alguns destes modelos também apóiam análises de sensibilidade, mas a maioria não parece ser usada extensivamente na prática. As razões prováveis para o não uso incluem a necessidade de se obter grandes quantidades de dados de entrada, a incapacidade da maioria desses modelos de incluir considerações de risco, e a complexidade do modelo. Modelos de otimização podem ser usados também com outras metodologias que calculam os valores dos benefícios dos projetos. Por exemplo, a programação linear inteira 0-1 pode ser usada junto com o AHP para trabalhar com medidas qualitativas e múltiplos objetivos, levando-se em consideração a utilização de recursos, interações entre projetos, e outras restrições.

Muitas técnicas de seleção de portfólio não consideram as exigências de dependência de tempo dos projetos em relação ao uso dos recursos e implicitamente assumem que todos os projetos selecionados começarão imediatamente. Isto não está de acordo com a realidade da gestão de projeto, onde os projetos competem por recursos limitados. Os projetos devem ser programados para usarem os recursos no tempo devido e devem ser completados dentro de alguns intervalos planejados.

Uma das desvantagens dos modelos baseados nos métodos de seleção de portfólio ótimo é que eles podem proceder à seleção de portfólio sem intervenção dos decisores, os quais podem querer realizar ajustes desejáveis nos portfólios selecionados. Se a ênfase de um sistema é apoiar a decisão em vez de tomar a decisão, os decisores devem ser capazes de fazer ajustes, mas eles devem receber *feedback* sobre as conseqüências resultantes, em termos de mudanças em relação ao que se deseja e aos recursos.

A seleção de portfólio é normalmente um processo realizado por uma comissão, onde os objetivos, como taxa prevista de retorno e custo esperado de projeto, são combinados com critérios subjetivos relativos às necessidades das diferentes organizações representadas no comitê de seleção de projeto. Todos os sócios do comitê devem ter acesso à informação com a qual são feitas comparações entre os projetos, como também informação sobre o portfólio de projetos como um todo. Ambientes para tomada de decisão em grupo devem ser disponibilizados, os quais permitem tanto interações entre os decisores como também entre os decisores e o Sistema de

Apoio a Decisão. Isto permite que decisões de seleção de portfólio sejam feitas de acordo com os objetivos globais da organização.

Baseados nas fases do processo de seleção de um portfólio de projetos descritas anteriormente, Archer e Ghasemzadeh (1999) estabeleceram algumas proposições:

– Proposição 1: decisões estratégicas em relação ao foco do portfólio e às considerações do orçamento total devem ser tomadas em um contexto mais amplo, que leve em consideração fatores externos e internos do negócio, antes do portfólio de projeto ser selecionado.

– Proposição 2: uma estrutura de seleção de projetos deve ser flexível o suficiente, de forma que os *stakeholders* possam escolher com antecedência técnicas particulares ou metodologias com as quais eles se sintam confortáveis para analisar os dados pertinentes e fazer escolhas sobre os projetos que eles possuem.

– Proposição 3: para simplificar o processo de seleção de portfólio, esse deve ser organizado em estágios, permitindo os decisores se moverem logicamente através de uma análise integrada dos projetos mais prováveis de serem selecionados, baseados em modelos de base teórica sólida.

– Proposição 4: os usuários não devem ser sobrecarregados com dados desnecessários, mas devem ser capazes de acessar dados relevantes quando estes são necessários.

– Proposição 5: medidas comuns, que podem ser calculadas separadamente para cada projeto sob consideração, devem ser escolhidas. Essas irão permitir uma comparação igualitária dos projetos durante o processo de seleção de portfólios.

– Proposição 6: os projetos atuais, que têm exigido grandes somas de dinheiro e cujo desenvolvimento apresenta dificuldades, devem ser reavaliados no mesmo momento em que novos projetos estão sendo considerados para seleção. Isso permite gerar um portfólio combinado dentro das restrições de recursos disponíveis a intervalos regulares devido a: (a) conclusão de projeto ou exclusão, (b) propostas de novos projetos, (c) mudanças no foco estratégico, (d) revisões dos recursos disponíveis, e (e) mudanças no ambiente.

– Proposição 7: apresentação prévia dos projetos deve ser usada, baseada cuidadosamente em critérios especificados, para eliminar projetos claramente deficientes da análise, antes que se inicie o processo de seleção de portfólio.

– Proposição 8: interações dos projetos através de dependências diretas ou de disputa pelos recursos devem ser consideradas na seleção de portfólio.

– Proposição 9: a seleção de portfólio deve levar em consideração a natureza de dependência de tempo dos projetos em relação as suas exigências de recursos.

– Proposição 10: os decisores devem ser providos de mecanismos interativos para controlar e anular seleções de portfólio geradas por qualquer algoritmo ou modelos, e eles também devem receber *feedback* sobre as conseqüências de tais mudanças.

– Proposição 11: a seleção de portfólio deve ser adaptável a ambientes de apoio a decisão em grupo.

3.2.2. Portfólios em investimentos

O problema de seleção de portfólios de investimento consiste na formulação de um portfólio, de forma a maximizar o lucro e minimizar o risco, dados um conjunto de ações disponíveis e uma quantia de dinheiro. Cada uma das diferentes formas para alocar este dinheiro entre as várias ações é considerada um portfólio.

Para (MacLean *et. al.*, 2005) a acumulação de riqueza através de investimento em um mercado financeiro dinâmico estocástico é um problema de investimento fundamental. No crescimento de capital, a trajetória de riqueza ao longo do tempo depende da dinâmica do mercado e das decisões de investimento. Com relação ao tempo, decisões de investimento são tomadas para controlar a trajetória incerta da riqueza futura. Esta ação implica uma identificação de possíveis resultados e uma ordenação de preferência das distribuições de riqueza por parte do investidor. As fases no processo de investimento dinâmico são: (i) estimação das distribuições de lucros das ações; (ii) cálculo do risco/lucro das decisões de investimento; (iii) determinação de tempos de rebalanceamento. O resultado de uma fase alimenta as fases subsequentes, assim erros em estimativas, por exemplo, podem conduzir a decisões desorientadas. Cada uma das fases representa um componente importante no processo integrado para acumulação de riqueza.

A entrada inicial para o problema de decisão de investimento é a distribuição de lucros futuros das ações, com o portfólio ótimo dependendo de parâmetros na distribuição de lucro. A previsão de lucros futuros está baseada em informações disponíveis na hora da decisão. Erros nos resultados das previsões devido a valores incorretos para os parâmetros podem ter um impacto grande na escolha do portfólio e na riqueza acumulada resultante.

Para resolver este problema de seleção de portfólio de ações, Markowitz (1952) *apud* Fernández e Gómez (2005) apresentou o modelo denominado média-variância que assume que o retorno total de um portfólio pode ser descrito usando o lucro médio das ações e a variância do lucro (risco) entre essas ações. Os portfólios que oferecem o mínimo risco para um determinado nível de retorno formam o que é chamado de fronteira eficiente. Para todo

nível de retorno médio desejado, esta fronteira eficiente nos dá a melhor forma de investir nosso dinheiro (FERNÁNDEZ e GÓMEZ, 2005).

A metodologia de média-variância para o problema de seleção de portfólios, proposta originalmente por Markowitz, tem desempenhado um papel importante no desenvolvimento da teoria moderna de seleção de portfólio. Segundo Crama e Schyns (2003), trata-se de um dos melhores modelos conhecidos em finanças. Em sua forma básica, este modelo exige determinar a composição de um portfólio de projetos que minimiza o risco enquanto alcançando um nível predeterminado de retorno esperado.

O modelo de Markowitz combina probabilidade e técnicas de otimização para modelar o comportamento de investimentos sob incerteza. O retorno é mensurado pela média, e o risco é mensurado pela variância, de um portfólio de ações. O modelo de média-variância de Markowitz para seleção de portfólios pode ser formulado matematicamente de dois modos: minimização do risco quando um nível de retorno é determinado, maximização do retorno quando um nível de risco é dado. O principal dado de entrada do modelo de média-variância são os retornos esperados e a variância do retorno esperado dos recursos. A suposição básica para o uso de modelos de média-variância é que a situação de mercados de recurso no futuro pode ser refletida corretamente através de dados de recurso no passado, isso é, a média e a covariância de recursos no futuro é semelhante ao passado. É difícil de assegurar este tipo de suposição para mercados reais de recursos sempre-variáveis (ZHANG e NIE, 2005).

De acordo com Crama e Schyns (2003) para resolver problemas de seleção de portfólios de uma maneira formal, pelo menos três tipos de questões devem ser levantadas explicitamente:

- Modelagem de dados, em particular o comportamento dos lucros das ações.
- A escolha do modelo de otimização, incluindo:
 - a natureza da função objetivo;
 - as restrições enfrentadas pelo investidor.
- A escolha da técnica de otimização.

A primeira exigência é entender a natureza dos dados e poder representa-los corretamente. O modelo de Markowitz assume, por exemplo, que os lucros das ações seguem uma distribuição normal multivariada. Em particular, os primeiros dois momentos da distribuição são suficientes para descrever completamente a distribuição dos retornos das ações e as características dos diferentes portfólios. Ao construir um modelo de otimização de seleção de portfólios, uma segunda exigência consiste em identificar o objetivo do investidor

e as restrições que estão sendo enfrentadas por ele. Até onde o objetivo vai, a qualidade do portfólio poderia ser medida usando uma grande variedade de funções utilidade.

Gaivoronski *et. al.* (2005) desenvolveram um trabalho que analisa diferentes abordagens para seleção de portfólios quando as exigências de desempenho do portfólio são formuladas em relação a um dado *benchmark*. Por exemplo, pode ser desejável alcançar um índice de mercado tanto quanto possível. Eles desenvolveram vários algoritmos de seleção de portfólio baseados em diferentes percepções de risco e diferentes medidas de risco/objetivo, percorrendo desde a tradicional variância até o valor de risco mais moderno. Em uma colocação dinâmica, foi abordado o assunto de rebalanceamento de portfólio ótimo. Foi estabelecido um algoritmo para determinar se deve ou não rebalancear um determinado portfólio, baseado em custos de transação e novas informações sobre condições de mercado.

Segundo Fernández e Gómez (2005) o modelo padrão de média-variância não possui qualquer restrição de cardinalidade que assegura que todo portfólio investe em um determinado número de diferentes ações, nem usa qualquer restrição que limita a quantia de dinheiro a ser investida em cada ação. Este tipo de restrição é muito útil na prática. Para superar estas inconveniências, Fernández e Gómez (2005) propõem um modelo padrão que pode ser generalizado para incluir estas restrições. Esses autores aplicam um método heurístico baseado em redes neurais artificiais para localizar a fronteira eficiente associada ao problema de seleção de portfólios. É considerada uma generalização do modelo de média-variância de Markowitz que inclui cardinalidade e restrições. Essas restrições asseguram o investimento em um determinado número de ações diferentes e limitam a quantia de capital a ser investida em cada ação.

Greyserman *et. al.* (2005) contribuem para a metodologia de seleção de portfólio usando uma previsão Bayesiana da distribuição de lucros através de aproximação estocástica. Novas prioridades hierárquicas no vetor de médias e na matriz de covariância de lucros são derivadas e implementadas. Comparações entre esta abordagem e outros métodos Bayesianos são estudadas com simulações em 25 anos de dados históricos dos índices acionários globais. É demonstrado que um procedimento de Bayes completamente hierárquico produz resultados promissores que levam a mais estudos. Foi levado a cabo, por esses autores, um procedimento de otimização numérico para maximizar a utilidade esperada que usa exemplos do MCMC (a Cadeia de Monte Carlo Markov) da distribuição de previsão posterior.

Diferentes metodologias, além do tradicional modelo de Markowitz, têm sido propostas na literatura para analisar problemas de seleção de portfólio. Entre elas podem-se citar os

modelos de portfólios possíveis, que tratam as taxas de retorno esperado das ações como variáveis possíveis ou nebulosas, em vez de variáveis aleatórias. Tais modelos, que são baseados em programação matemática possível, descrevem a incerteza do mundo real como ambigüidade e vagueza, e não de forma estocástica. De fato, outro modo para tratar a incerteza nos problemas de tomada de decisão consiste em assumir que os dados não são bem definidos, mas podem variar em determinados intervalos. Análises de intervalo são então apropriadas para controlar os dados de entrada imprecisos. Dessa forma, Ong *et. al.* (2005) consideram um problema de seleção de portfólio no qual os preços das ações são tratados como variáveis de intervalo. Para lidar com tal problema de portfólio de intervalo, é proposta a adoção de uma metodologia *minimax* ponderada baseado em uma função de ponderação.

Segundo Soyer e Tanyeri (2005) a metodologia proposta por Markowitz para solucionar o problema consistia em dois estágios. Primeiro formando um conjunto de portfólios eficientes e segundo selecionando do conjunto eficiente um portfólio que proporciona para o investidor a combinação mais satisfatória de risco e retorno. Esses autores consideraram o problema de seleção de portfólio de múltiplos períodos a partir do ponto de vista de decisão teórica Bayesiana. Foi assumido que os lucros das ações são descritos através de modelos de variância estocástica multi-variada e uma solução para o problema baseada nos métodos de Monte Carlo foi proposta.

O modelo de seleção de portfólios baseado em probabilidades *fuzzy* tem sido proposto por Tanaka *et. al.* (2000) *apud* Zhang e Nie (2005). O vetor de média e a matriz de covariância no modelo de Markowitz são substituídos pelo vetor de média ponderada *fuzzy* e pela matriz de covariância, respectivamente. Isso pode ser considerado como uma extensão natural do modelo de Markowitz por causa da extensão da probabilidade em probabilidade *fuzzy*. Essa metodologia permite a incorporação do conhecimento do especialista por meio de um grau de possibilidade, que reflete o grau de semelhança entre o estado futuro de mercados de recurso e o estado de períodos prévios (ZHANG e NIE, 2005)

Como o retorno de recursos está em um ambiente econômico de incerteza *fuzzy* e varia de vez em quando, o retorno esperado e o risco não são previstos com precisão. Baseado neste fato, é razoável a suposição que o retorno esperado e o risco possuem erros admissíveis. Zhang e Nie (2005) trabalham com o problema de seleção de portfólio baseado na suposição de que o retorno esperado e o risco de recursos têm erros admissíveis para refletir a incerteza em problemas reais de investimento. Esses autores apresentam o modelo de portfólio eficiente admissível e definem as fronteiras de portfólios eficientes admissíveis superiores e inferiores

através das extensões dos retornos esperados e riscos dos portfólios dos limites inferiores e superiores dos erros admissíveis sob restrições gerais de investimentos.

De um ponto de vista prático, porém, o modelo de Markowitz pode ser considerado freqüentemente muito básico, uma vez que ele ignora muitas das restrições enfrentadas por investidores no mundo real, tais como limitações do comércio, tamanho do portfólio, etc. Incluindo tais restrições na formulação obtêm-se um problema misto de programação inteira e não linear, que é consideravelmente mais difícil resolver que o modelo original. Vários pesquisadores têm tentado resolver esse problema através de uma variedade de técnicas, mas há muito ainda que ser melhorado nessa linha. Métodos de solução exatos em particular, não resolvem uma larga escala de exemplos do problema. Baseados nessa suposição Crama e Schyns (2003) investigaram a habilidade da metodologia *simulated annealing metaheuristic* (SA) em fornecer soluções de alta qualidade para o modelo de média-variância enriquecido por restrições adicionais.

Parra *et. al.* (2001) procuraram estabelecer um portfólio ótimo para um investidor privado, levando em consideração três critérios: lucro, risco e liquidez. Esses objetivos, em geral, não são decisivos do ponto de vista do decisor, então se irá trabalhar com eles em situações nebulosas. A formulação do problema é uma programação por objetivos, onde os objetivos e restrições são nebulosos. Uma metodologia de programação por objetivos nebulosa foi aplicada ao problema para se obter uma solução.

3.2.3. Portfólios de P&D

A seleção de projetos de Pesquisa e Desenvolvimento é uma área que vem sendo abordada nos últimos anos em função da necessidade das organizações de estabelecerem uma priorização para o seu portfólio de projetos. Conforme Tian *et. al.* (2005), a seleção de projetos de P&D é uma tarefa organizacional de tomada de decisão comumente encontrada em organizações como agências de fundo governamentais, universidades, institutos de pesquisa e companhias de tecnologia intensiva.

As organizações, para se manterem competitivas, devem ser capazes de identificar novos produtos e melhoramentos de processos que possam contribuir para os objetivos organizacionais. Dessa forma, os recursos disponíveis são alocados para os projetos selecionados prioritariamente pela empresa. No entanto, a seleção de projetos de P&D é uma tarefa desafiadora que constitui um processo de tomada de decisão complicado e que requer conhecimento intensivo (GHASEMZADEH e ARCHER, 2000). É uma tarefa complicada e

desafiadora para as organizações por causa das seguintes razões: (1) é muito difícil prever o sucesso futuro e os impactos dos projetos candidatos; (2) constitui um processo de tomada de decisão de múltiplas fases, que envolve um grupo de tomadores de decisão como, por exemplo, revisores externos e especialistas. Portanto, pode ser muito difícil gerenciar o processo de tomada de decisão, especialmente quando os tomadores de decisão possuem estratégias de tomada de decisão heterogêneas (GHASEMZADEH e ARCHER, 2000; HENRIKSEN e TRAYNOR, 1999; SCHMIDT e FREELAND, 1992 *apud* TIAN *et. al.*, 2005).

Alguns dos assuntos que devem ser levados em consideração nesse processo são os objetivos e prioridades organizacionais, benefícios financeiros, benefícios intangíveis, disponibilidade de recursos, e nível de risco do portfólio de projetos (GHASEMZADEH e ARCHER, 2000).

Ghasemzadeh e Archer (2000) enfatizam ainda que as dificuldades associadas à seleção de portfólio de projetos resultam de vários fatores: (1) existem múltiplos e frequentemente conflitantes objetivos, (2) alguns dos objetivos podem ser qualitativos, (3) incerteza e risco podem afetar projetos, (4) o portfólio selecionado pode ter que ser balanceado em termos de fatores importantes, tais como risco e tempo de conclusão, (5) alguns projetos podem ser interdependentes, e (6) o número de portfólios possíveis é frequentemente enorme.

Além dessas dificuldades, devido às limitações de recurso, existem usualmente restrições tais como financeira, de força de trabalho, e de instalações e equipamentos, que devem ser consideradas. De acordo com algumas pesquisas (LUCAS, 1973 *apud* GHASEMZADEH e ARCHER, 2000), a maior razão pela qual alguns projetos são selecionados, mas não concluídos é que as limitações de recursos nem sempre são formalmente incluídas no processo de seleção de projetos. Nos casos onde limitações de recursos são responsáveis pelo fracasso dos projetos, um modelo de seleção que incorpore limitações de recursos poderia ajudar o decisor a evitar tais erros (SCHNIEDERJANS e SANTHANAM, 1993 *apud* GHASEMZADEH e ARCHER, 2000).

Segundo Meade e Presley (2002), o problema de seleção de projetos de P&D desempenha uma função crítica em muitas organizações. Uma revisão de literatura revela três temas principais relacionados à seleção de projetos de P&D:

1) A necessidade de relacionar os critérios de seleção às estratégias corporativas: durante os anos 80 e começo dos 90, as companhias começaram a reconhecer a importância estratégica da manufatura e operações para a competitividade. Da mesma forma, muitas

empresas começaram a considerar sua função de P&D como uma ferramenta competitiva a ser gerenciada estrategicamente. Para assegurar tomadas de decisões efetivas, a estratégia de P&D e o planejamento devem estar alinhados a estratégia corporativa. Para muitas organizações, P&D representa uma porção principal dos investimentos de muitas organizações. Decisões erradas podem resultar em perda de posição estratégica e de mercado.

2) A necessidade de considerar benefícios quantitativos e riscos dos projetos candidatos: muito freqüentemente, a seleção de projetos de P&D é feita baseada somente em critérios financeiros como Valor Presente Líquido e Taxa Interna de Retorno. Apesar destes critérios serem importantes, se decisões serão administradas estrategicamente, outros critérios menos facilmente quantificáveis devem ser considerados como participação no mercado e imagem corporativa. Projetos de P&D são multidimensionais por natureza e têm resultados e decisões arriscados e devem considerar medidas estratégicas e multidimensionais. Os projetos de P&D estão freqüentemente relacionados com atividades de longo prazo, possuem resultados incertos, possuem custo elevado e, em muitos casos, demandam uma gestão especial.

3) A necessidade de reconciliar e integrar as necessidades e desejos dos diferentes *stakeholders*.: decisões de P&D têm impacto em toda a empresa e devem ser comparadas a outras contribuições funcionais no empreendimento. Portanto, tomadas decisões de P&D não devem ser feitas isoladamente ou devem ser baseadas somente no que as organizações de P&D acham importante. As contribuições de P&D são difíceis de mensurar separadamente de outras funções organizacionais como manufatura e marketing. Adicionalmente, o sucesso de muitos projetos depende da cooperação destas funções. A omissão delas do processo de decisão pode gerar efeitos organizacionais prejudiciais. Incluindo elas, porém, aumenta-se a complexidade e dificuldade.

Para Almeida *et. al.* (2002) a priorização de projetos de P&D numa empresa está inserida num enfoque maior de planejamento. Além dos critérios normativos a serem atendidos deve-se considerar, no processo ou metodologia de planejamento, os resultados empresariais. Dessa forma, as decisões em investimento de P&D, em sua maioria, encontram-se no enfoque de decisão multicritério.

Nas últimas quatro décadas, vários modelos de decisão têm sido desenvolvidos para apoiar a seleção de projetos de P&D (MARTINO, 1995 *apud* TIAN *et. al.*, 2002). De acordo com Henriksen e Traynor (1999) *apud* Tian *et. al.* (2002), os métodos e modelos de decisão atuais pertencem as seguintes categorias: (1) Programação e Otimização Matemática,

incluindo Programação Inteira (PI), Programação Linear (PL), Programação Não Linear (PNL), Programação por Objetivos (PO), Programação Dinâmica (PLD), e otimização de portfólio; (2) Análise de Decisão, incluindo Teoria da Decisão Multiatributo, árvores de decisão, análise de risco, AHP, e pontuação; (3) Modelos Econômicos, tais como Taxa Interna de Retorno, Valor Presente Líquido, Retorno Sobre Investimento, Análise Custo Benefício, e Teoria da Opção de Avaliação; (4) Métodos Interativos, tais como Delphi, Q-Sort, Apoio a Decisão Comportamental (BDA), e Modelos Hierárquicos Descentralizados (DHM). Mas, devido à complexidade desses modelos, a maioria deles dificilmente pode ser usada pelos gestores em situações reais (LIBERATORE e STYLIANOU, 1995, SCHMIDT e FREELAND, 1992 *apud* TIAN *et. al.*, 2002).

Recentemente, Sistemas de Apoio a Decisão têm sido desenvolvidos e usados para seleção de projetos de P&D. Eles servem para facilitar o uso de modelos e apoiar atividades de decisão na seleção de projetos de P&D (GHASEMZADECH e ARCHER, 2000; KOCAOGLU e IYIGUN, 1994, LIBERATORE, 1988a,b, STEWART, 1991 *apud* TIAN *et. al.* 2002). É relatado o uso de sistemas de apoio especialistas e Sistemas de Apoio a Decisão para a seleção de projetos de P&D onde AHP é usado para planejamento estratégico, modelo de planilha eletrônica para avaliação de projetos, e análise custo benefício com programação linear inteira para alocação de recursos (LIBERATORE, 1988a,b, LIBERATORE e STYLIANOU, 1995 *apud* TIAN *et. al.*, 2002). Um sistema de decisão integrado tem sido proposto para seleção de projetos de P&D (IYIGUN, 1993 *apud* TIAN *et. al.*, 2002). Ele usa método de ordenação para projetos, AHP para os pesos dos critérios, Delphi para coleta de informações necessárias, programação linear inteira com heurística para alocação de recursos e VPL para análise de benefícios de interação. Um Sistema de Apoio a Decisão (GHASEMZADECH e ARCHER, 2000 *apud* TIAN *et. al.*, 2002) tem sido desenvolvido e usa programação linear por objetivos e o método AHP para integrar os múltiplos objetivos em um único objetivo, e programação linear inteira 0-1 para maximizar todos os objetivos do portfólio. No entanto, Sistemas de Apoio a Decisão atuais dificilmente conseguem integrar regras de conhecimento e modelos de decisão para suportar todo o processo de seleção de projetos de P&D.

Pesquisas recentes (LIBERATORE e STYLIANOU, 1995, SCHMIDT e FREELAND, 1992 *apud* TIAN *et. al.*, 2002), todavia, indicam que muitos dos métodos e modelos elaborados não estão sendo usados, e que eles apresentam impactos limitados na tomada de decisão para seleção projetos no mundo real. Para melhorar a usabilidade de métodos e

modelos de decisão em aplicações reais, Sistemas de Apoio a Decisão têm sido propostos e desenvolvidos, que integram métodos e modelos de decisão com suporte computacional (GHASEMZADECH e ARCHER, 2000; IYIGUN, 1993, IYIGUN e KOCAOGLU, 1994, LIBERATORE e STYLIANOU, 1995, STEWART, 1991 *apud* TIAN *et. al.*, 2002). Apesar de alguns desses SAD serem úteis, eles usam métodos e modelos de decisão para tarefas específicas e falham no suporte de todo o processo de tomada de decisão no nível organizacional. A gestão de um portfólio de desenvolvimento balanceado é um problema típico de alocação de recurso em um ambiente de P&D onde uma companhia procura um número limitado de projetos de pesquisa, e a probabilidade de sucesso de alguns projetos é altamente incerta.

Em particular, Oral *et. al.* (1991) *apud* Chu (1996) classificam esses métodos propostos em duas categorias:

– Modelos Compensatórios. Esses modelos, tais como Análise Custo/Benefício, Teoria da Utilidade Multiatributo, e Processo de Análise Hierárquica, requerem uma função valor (ou utilidade) não ambígua que agregue e avalie o *tradeoff* entre os múltiplos critérios do projeto. O resultado da avaliação não só provê uma ordenação completa, mas também uma medida de diferença entre os projetos de P&D. Tais modelos podem ser usados por um único decisor ou por um grupo de *stakeholders* com uma estrutura de preferência comum que pode resultar de escolhas espontâneas ou de negociações.

– Modelos não compensatórios. Esses modelos incluem (i) um método de decisão multicritério tal como ELECTRE e PROMETHEE; e (ii) métodos de ordenação. O primeiro tipo de modelos requer um valor consensual para os pesos atribuídos aos atributos e para os parâmetros de expansão. Inspirados na teoria de escolha social, os métodos de ordenação ordinal, por outro lado, reconhecem que as avaliações pelos diferentes *stakeholders* podem ser heterogêneas, e a ordenação é baseada nos julgamentos subjetivos de especialistas.

Segundo Chu *et. al.* (1996) existem duas correntes de sistemas de informação para suportar a gestão de projetos de P&D. Uma corrente refere-se aos chamados Sistemas de Apoio a Decisão, que aplicam vários métodos analíticos e os modelos mencionados e provêem um ambiente amigável para os usuários. A outra corrente são sistemas especialistas que aplicam regras heurísticas para modelar o processo de inovação através de gestão de projetos, e ajudam os gestores a acessarem as ferramentas analíticas. No trabalho de Chu *et. al.* (1996), é desenvolvido um SAD para ajudar os gerentes a selecionar a seqüência de planos mais apropriada para os projetos de Pesquisa e Desenvolvimento de novos produtos que

possuem restrições de orçamento, tempo e recursos. O objetivo primário do SAD é prover uma combinação ótima de projetos de P&D. O SAD consiste em vários subsistemas, cada um do qual com uma função específica. Na essência do SAD estão um modelo de custo, que cobre uma análise de *tradeoff* entre tempo e custo, e um algoritmo estratégico de seleção, que, baseado em programação dinâmica, provê um plano de desenvolvimento ótimo para os projetos de P&D.

A maioria das organizações usa alguma forma de ferramenta de seleção de projetos, que, de acordo com Liberatore (1987) *apud* Coldrick *et. al.* (2005) é usualmente um método padrão de análise financeira, tal como Análise Custo/Benefício ou fluxo de caixa descontado. Dado um número de projetos e um grupo de recursos, o portfólio de projetos era otimizado de acordo com um certo critério. Isso usualmente envolvia a conversão dos atributos de um projeto em um valor monetário único. Existem poucas informações sobre a aplicação desses modelos anteriores nas decisões de seleção de projetos. Para as decisões de seleção de projetos de P&D, More e Baker (1969) *apud* Coldrick *et. al.* (2005) sugeriram que os modelos não eram completamente satisfatórios devido à falta de dados de entrada. A complexidade dos modelos e os problemas de aplicação podem ser a razão do não uso desses modelos.

O fato daqueles modelos não serem usados foi resumido por Moore e Baker (1969) *apud* Coldrick *et. al.* (2005): “Gestão não é provavelmente usar qualquer modelo para decidir entre projetos, o uso reside na gama de informação gerada para tomar decisões de seleção”. Em outras palavras, o processo de reunião de informação foi percebido como a função principal do modelo. Schmidt e Freeland (1992) *apud* Coldrick *et. al.* (2005) descrevem os processos tradicionais de otimização como modelos clássicos, cujo foco é no resultado. O evento decisão ou modelos de sistemas focam no processo pelo qual o resultado é alcançado. O resultado de uma abordagem de sistema é que a informação gerada na aplicação do modelo é usada em tomadas de decisão subseqüentes. Um melhoramento no tipo de modelo clássico e na direção de pesquisas subseqüentes foi a Teoria da Utilidade Multiatributo. Em vez de ter uma restrição única em relação a qual o portfólio de projetos é otimizado, MAUT abrange um número de diferentes áreas, tais como risco, recompensa e alocação de recurso entre outras. Uma pesquisa feita por Cooper *et al.* (2001) *apud* Coldrick *et. al.* (2005) sobre o uso dos modelos de gestão de portfólio concluiu que o uso de algumas ferramentas ou sistemas de seleção de portfólio é muito benéfico. Esses benefícios incluem um portfólio melhor balanceado e alinhado. Resultados encontrados por Cooper *et. al.* (2001) *apud* Coldrick *et. al.* (2005) mostram que aqueles que usam mais de um método de seleção têm os melhores

resultados, uma vez que um único método não possui os melhores atributos em todas as áreas. Dessa forma, existe uma tendência da aplicação dos modelos de seleção de passar da aplicação de um único método para uma abordagem composta por um número de métodos de seleção. Os critérios que produzem programas eficientes envolvem informações sobre o mercado, sobre as necessidades dos consumidores, sobre competidores e problemas de regulamentação ambiental (ADLER *et. al.*, 1992 *apud* COLDRICK *et. al.*, 2005).

Pearson *et. al.* (1996) *apud* Coldrick *et. al.* (2005) argumentam que o processo de seleção de projetos tem dado lugar à avaliação de projetos. Em vez de ter um orçamento dos projetos de P&D e um grupo de projetos, a situação tem consistido em assegurar que as exigências da corporação em relação aos projetos de P&D sejam cumpridas. Isso não inclui somente a avaliação inicial dos projetos, mas também uma revisão contínua através do seu tempo de vida.

Cooper *et. al.* (1998) *apud* Coldrick *et. al.* (2005) conduziram pesquisas sobre o uso de modelos de seleção em companhias e encontraram que 20% deles usam estratégias de negócio para alocar recursos. Apesar de muitos usarem predominantemente métodos financeiros, esses foram os que tiveram a pior performance de portfólio. Outros métodos em uso foram abordagens estratégicas, métodos financeiros, modelos de pontuação e diagramas de bolha. As conclusões dessas pesquisas foram que a melhor abordagem de gerenciamento de portfólio é o uso simultâneo de vários métodos de seleção. Quando encontra uma decisão de seleção de projetos, o tomador de decisão fica em face de uma vasta quantidade de informação e exigências conflitantes. A incorporação disso tudo em um modelo de seleção único poderia resultar no fato de o modelo se tornar muito complicado e praticamente impossível de usar. Como resultado, qualquer modelo deve ser uma simplificação da realidade. Dessa forma, as exigências mais básicas de uma ferramenta de seleção de projetos são as seguintes:

- Avaliação de projetos: avaliação dos projetos individualmente para estabelecer se eles estão tendo seu valor administrado.
- Seleção de projetos: avaliação da extensão de projetos para obter um portfólio atrativo.
- Aplicações em diferentes tipos de pesquisa.

De acordo com Ghasemzadeh e Archer (2000) existem muitas técnicas diferentes que podem ser usadas para estimar, avaliar, e escolher portfólios de projeto. Algumas dessas técnicas não são amplamente usadas porque não levam em consideração todos os fatores relevantes no processo de seleção, são muito complexas e requerem muitos dados de entrada,

elas podem também ser de difícil entendimento e uso pelos decisores, ou podem não ser usadas na forma de um processo organizado (COOPER, 1993 *apud* GHASEMZADECH e ARCHER, 2000). Entre todas essas técnicas disponíveis, as de otimização são as ferramentas quantitativas mais fundamentais para seleção de portfólio de projetos e leva em consideração a maioria dos fatores relevantes. No entanto, elas têm falhado muito em ganhar a aceitação dos usuários, e poucas metodologias de modelagem, de uma variedade de metodologias de otimização que têm sido desenvolvidas, estão sendo utilizadas como apoio a tomada de decisão nessa área. De acordo com Hess (1993) *apud* Ghasemzadech e Archer (2000), a ciência de gerenciamento tem falhado completamente ao implementar modelos de seleção de projetos, foca-se muito na sofisticação e pouco no impacto prático. Uma das maiores razões para o fracasso das técnicas de otimização tradicionais é que elas prescrevem soluções para problemas de seleção de portfólio sem permitir o julgamento, conhecimento e percepção do decisor (MATHIEU e GIBSON, 1993 *apud* GHASEMZADECH e ARCHER, 2000).

Ghasemzadech e Archer (2000) mostram claramente que, apesar de existirem muitos métodos diferentes para avaliação de projetos e seleção de portfólios que têm suas próprias vantagens, nenhuma técnica individualmente leva em consideração todas as questões que devem ser consideradas na seleção de portfólio de projetos. Entre as metodologias de seleção de portfólio de projetos publicadas, tem havido pouco progresso para alcançar uma estrutura integrada que: (a) simultaneamente considere todos diferentes critérios na determinação do portfólio de projeto mais satisfatório, (b) aproveita as melhores características de métodos existentes decompondo o processo em uma série flexível e lógica de atividades e aplicando as técnicas mais apropriadas em cada fase, e (c) envolve a participação total dos decisores. Isso se deve parcialmente a complexidade envolvida na seleção de portfólio de projetos, como explicado anteriormente. Poucas tentativas de construir um suporte integrado para seleção de portfólio têm sido relatadas. No entanto, essas têm sido limitadas e específicas aos modelos usados, em vez de prover escolhas flexíveis de técnicas e sistemas de apoio interativos para os usuários.

Na tentativa de superar essas dificuldades, Ghasemzadech e Archer (2000) desenvolveram uma estrutura integrada para seleção de portfólio de projeto, que aproveita as melhores características dos métodos existentes. A estrutura proposta combina métodos, que têm uma boa base teórica, com outros métodos, que são comumente usados por causa de suas desejáveis características de suporte a decisão. A estrutura inclui uma metodologia

organizada, onde os métodos mais relevantes e apropriados podem ser selecionados pela organização e usados em cada estágio.

Meade e Presley (2002) discutem o uso do ANP (Analytical Network Process), uma forma geral do AHP, como um modelo para avaliar propostas de projetos de P&D.

Almeida *et. al.* (2002) buscam formalizar o processo de priorização de projetos de P&D utilizando o modelo de decisão multicritério ELECTRE I. Esse método foi escolhido em função do contexto do problema e dos atores do processo decisório. Dessa forma, obtêm-se um procedimento estruturado para priorização e justificativas de investimentos em projetos de P&D (ALMEIDA *et. al.* 2002; ALMEIDA e COSTA, 2003; ALMEIDA *et. al.* 2004).

Tian *et. al.* (2002) relatam a experiência de construção de um sistema híbrido de conhecimento e modelo para seleção de projetos de P&D na *National Natural Science Foundaion of China* (NSFC). O sistema faz uso de ambos modelos e regras de conhecimento e apóia todo o processo de apoio a decisão. Modelos de decisão são usados para lidar com problemas de apoio a decisão bem estruturados, enquanto regras de conhecimento são apropriadas para situações de decisão não muito bem estruturadas. Eles complementam um ao outro e provêem um poderoso suporte a todo o processo de tomada de decisão.

Uma vez que o processo de seleção de projetos de P&D tipicamente envolve múltiplos tomadores de decisão em diferentes unidades organizacionais, um Sistema de Apoio a Decisão Organizacional (*Organizational Decision Support System - ODSS*) é mais apropriado para atividades de seleção de projetos de P&D (TIAN *et. al.*, 2005).

Esse sistema é uma ferramenta de apoio a decisão integrada com foco em todas as atividades organizacionais em vez de atividades únicas dos departamentos (GEORGE, 1992; HACKATHORN e KEEN, 1981; NUNAMAKER *et. al.*, 1992 *apud* TIAN *et. al.*, 2005). Ele apóia as atividades de decisão organizacionais pela integração de uma base de modelo com uma base de dados e uma interface com o usuário em cima da rede de comunicação. É diferente dos tradicionais SAD em aspectos tais como objetivos, escopo, usuários, componentes tecnológicos e metodologias de implementação (KIM *et. al.*, 1997; KIVIJARVI, 1997 *apud* TIAN *et. al.*, 2005).

Os Sistemas de Apoio a Decisão Organizacional combinam tecnologias computacionais e de comunicação para coordenar atividades de tomada de decisão por áreas funcionais e camadas hierárquicas (PHILIPPAKIS e GREEN, 1988; WATSON, 1990 *apud* TIAN *et. al.*, 2005). Têm sido aplicados em organizações de telecomunicações, militares, em governos, e em outras organizações; no entanto, poucas pesquisas podem ser encontradas sobre esses

sistemas para seleção de projetos de P&D. Tian (2005) procura apresentar o desenvolvimento de um Sistema de Apoio a Decisão Organizacional para a seleção de projetos de P&D na *National Natural Science Foundaion of China* (NSFC).

Mikkola (2001) utiliza a Matriz de Portfólio de Projeto de P&D como uma ferramenta para analisar um portfólio de projetos de P&D a partir da ligação das vantagens competitivas da empresa com os benefícios que esses projetos podem prover a seus clientes. A Matriz de Portfólio de Projetos de P&D é uma ferramenta de comunicação com o propósito de identificar projetos ou produtos que forneçam benefícios aos clientes e vantagens competitivas. Ela também facilita a seleção de projetos com a mais alta probabilidade de sucesso.

Uma metodologia baseada no modelo de Análise Envoltória de Dados (DEA), que quantifica alguns dos conceitos qualitativos embutidos no método *Balanced Scorecard* (BSC), é proposta para a construção e análise de portfólios de projetos de P&D eficientes, efetivos e balanceados (EILAT *et. al.*, 2005). A metodologia inclui um esquema de alocação de recurso, uma avaliação de projetos individuais, apresentação de projetos baseada nos seus valores relativos e nas exigências de portfólio, e finalmente uma construção e avaliação de portfólios. O modelo de DEA–BSC é empregado em duas versões, primeiro para avaliar projetos individuais de P&D, e então para avaliar alternativas de portfólios de P&D. Para gerar alternativas de portfólio, é aplicado um algoritmo de bifurcação e limite, e usada uma função de acumulação que considera possíveis interações entre projetos. A metodologia inteira é ilustrada por um exemplo no contexto de uma agência governamental deparada com a seleção de projetos tecnológicos.

Segundo Doerner *et. al.* (2004) um dos assuntos mais importantes, comuns e críticos da administração reside na determinação do melhor portfólio de projeto dado um conjunto de propostas de investimentos. Como este processo de decisão normalmente envolve a perseguição de múltiplos objetivos em meio a uma falta de informação de preferência a priori, sua qualidade pode ser melhorada implementando um procedimento de duas fases que primeiro identifica o espaço de solução de todos portfólios eficientes (Pareto-ótimo) e então permite uma exploração interativa daquele espaço. Porém, a determinação do espaço de solução não é trivial porque a força bruta de enumeração completa só resolve exemplos pequenos e o problema subjacente começa a exigir mais à medida que o número de projetos cresce. Enquanto meta-heurísticas em geral provêm um acordo atraente entre o esforço computacional necessário e a qualidade de um espaço de solução aproximado, *Pareto ant*

colony optimization (P-ACO) tem se mostrado uma boa ferramenta para esta classe de problemas. A metodologia original P-ACO é suplementada por um procedimento de Programação Linear de Inteira que identifica várias soluções de portfólios eficientes dentro de alguns segundos. Esta extensão favorece uma exploração maior do espaço de procura no começo da procura e faz assim a um baixo custo.

Ringuest *et. al.* (2004) apresentam um modelo, adaptado da literatura de otimização financeira de portfólio, que provê meios práticos de desenvolver portfólios de projetos de P&D de riscos preferidos. O método é simples e altamente intuitivo, requerendo a estimação de somente dois parâmetros, o retorno esperado e o coeficiente de Gini. O coeficiente de Gini essencialmente substitui a variância na variância média do modelo de dois parâmetros e resulta em uma habilidade de apresentação superior. O modelo apresentado requer a estimativa de somente estes dois parâmetros e, em troca, permite a determinação relativamente simples do domínio estocástico (SD) entre os portfólios de P&D candidatos. A técnica, apropriada para todos os decisores aversos ao risco, permite aos gerentes de P&D apresentar grandes números de portfólios candidatos para descobrir aqueles que eles prefeririam sob os critérios do SD.

Segundo Archer e Ghasemzadeh (1999) a tarefa de selecionar portfólios de projeto é uma importante e freqüente atividade em muitas organizações. Há muitas técnicas disponíveis para apoiar esse processo, mas nenhuma estrutura integrada para levar isto a cabo. Dessa forma, busca-se simplificar o processo de seleção de portfólios de projeto desenvolvendo uma estrutura que separa o trabalho em fases distintas (ARCHER e GHASEMZADEH, 1999). Cada fase realiza um objetivo particular e gera contribuições para a próxima fase. Ao mesmo tempo, usuários são livres para escolher as técnicas que eles acham mais satisfatórias para cada fase, ou em alguns casos omitir ou modificar uma fase se isto simplificar o processo. A estrutura pode ser implementada na forma de um Sistema de Apoio de Decisão, e um protótipo de sistema é descrito, o qual apóia muitas decisões relacionadas às atividades.

Quando projetos de Pesquisa e Desenvolvimento são selecionados a partir de um conjunto de projetos concorrentes, eles são avaliados de acordo com diferentes critérios. Os critérios de seleção tradicionais incluem elementos como lucro esperado e a probabilidade de sucesso do portfólio de projetos selecionado. Porém, outro critério importante que geralmente é omitido do processo de seleção, porque é matematicamente muito complexo para incluir, é a programação, isto é, quanto tempo levará para completar o grupo de projetos selecionado (COFFIN e TAYLOR, 1996). Ao invés disso, os projetos são tipicamente programados

depois de terem sido selecionados. Se o grupo de projetos selecionados exceder o tempo de conclusão proposto, então os projetos que parecem requerer muito tempo podem ser eliminados e serem substituídos por projetos mais curtos, ou o escopo dos projetos pode ser mudado para os encurtar. Isto resulta em um grupo menor do que o ótimo de projetos de acordo com os critérios de seleção originais. Coffin e Taylor (1996) apresentam um modelo de seleção que inclui programação de projeto no processo de seleção. Esses autores apresentam um método que combina a lógica *fuzzy* com uma metodologia de *beam search* (de inteligência artificial) para criar uma única função objetivo, que é usada para avaliar portfólio de projeto. A lógica *fuzzy* é uma metodologia matemática que considera múltiplos critérios em um problema, e *beam search* é um método de solução no qual são considerados apenas os melhores ramos em uma árvore de procura do espaço de solução.

Regan e Holtzman (1995) desenvolveram, com o intuito de facilitar a escolha de um portfólio de projetos de P&D, o *R&D Decision Advisor TM*, um sistema de decisão inteligente comercial para avaliar pesquisas corporativas e desenvolvimento de portfólios de projetos. Analisando projetos, o *R&D Decision Advisor* interativamente guia o usuário construindo um modelo de diagrama de influência para um projeto de pesquisa individual. A metodologia de sistema interativo pode ser explicada claramente a partir de uma perspectiva de quadro-negro. O sistema guia o usuário para escolher entre características de projeto gerais, mas oferece flexibilidade para capturar detalhes de projeto único.

Lin e Hsieh (2004) argumentam que, embora existam muitos estudos disponíveis para apoiar os decisores a realizar o processo de seleção de portfólio, não há nenhuma estrutura integrada que pode ser usada para a seleção de portfólio sistematicamente. Além disso, na maioria das situações de tomada de decisão, os decisores têm que tomar decisões com informação incompleta e sob circunstâncias incertas. Estas situações têm sido reconhecidas por muitas pesquisas como um campo satisfatório para se usar a teoria dos conjuntos *fuzzy*. Baseados nos conceitos de Sistema de Apoio a Decisão, esses autores desenvolveram uma estrutura integrada que incorpora a teoria *fuzzy* na seleção de portfólios estratégicos. Esta estrutura proporciona para os gerentes um SAD flexível, expansível e interativo de seleção de projetos para gestão de portfólios.

3.3. Alguns métodos utilizados

3.3.1. Método média-variância, modelo de Markowitz

A metodologia de média-variância, proposta inicialmente por Markowitz, tem sido bastante utilizada no problema de seleção de portfólio de investimentos (FERNÁNDEZ E GÓMEZ, 2005; CRAMA E SCHYNS, 2003; ZHANG E NIE, 2005; ONG *et. al.*, 2005; SOYER E TANYERI, 2005).

O problema de seleção de um portfólio ótimo entre n ações foi formulado por Markowitz em 1952 como um problema de minimização quadrática com restrições. Nesse modelo cada ação é caracterizada por um retorno que varia aleatoriamente com o tempo. O risco de cada ação é medido através da variância do seu retorno. Se cada componente x_i do vetor n , x representa a proporção de riqueza do investidor alocada para cada ação i , então o retorno total do portfólio é dado pelo produto escalar de x pelo vetor do retorno individual da ação. Portanto, se $R = (R_1, \dots, R_n)$ denota o vetor n do retorno médio esperado das ações e C a matriz $n \times n$ de covariância dos retornos, obtêm-se o retorno do portfólio pela expressão $\sum_{i=1}^n R_i x_i$ e o nível de risco do mesmo por $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} x_i x_j$ (CRAMA e SHYNS, 2003).

Markowitz assume que a idéia do investidor é determinar um portfólio que minimize o risco e que simultaneamente alcance um retorno esperado predeterminado, denotado por R_{exp} . Matematicamente, o problema pode ser formulado como segue para qualquer valor de R_{exp} :

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} x_i x_j$$

$$\text{s.a. } \sum_{i=1}^n R_i x_i = R_{exp}$$

$$\sum_{i=1}^n x_i = 1,$$

$$x_i \geq 0 \text{ para } i = 1, \dots, n.$$

A primeira restrição expressa a exigência do retorno esperado. A segunda restrição, chamada restrição orçamentária, requer que 100% do orçamento seja investido no portfólio. As restrições não-negativas expressam que pequenas vendas são permitidas.

O conjunto de soluções ótimas do modelo de Markowitz, parametrizado sobre todos possíveis valores de R_{exp} , constitui a fronteira de média-variância do problema de seleção de portfólio. Isso é usualmente apresentado como uma curva em um plano onde a ordenada é o retorno esperado do portfólio e a abscissa é o desvio padrão do mesmo. Se o objetivo é desenhar toda a fronteira, uma forma alternativa do modelo pode também ser usada, onde a restrição que define o retorno esperado requerido é removida e uma nova forma ponderada

representando o retorno do portfólio é incluída na função objetivo (CRAMA e SHYNS, 2003).

Fernández e Gómez (2005) apresentam o modelo padrão de média-variância de Markowitz para o problema de seleção de portfólio da seguinte forma:

$$\min \lambda \left[\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_i \sigma_{ij} x_j \right] + (1 - \lambda) \left[- \sum_{i=1}^N \mu_i x_i \right]$$

$$\text{s.a. } \sum_{i=1}^N x_i = 1,$$

$$0 < x_i < 1, i = 1, \dots, N.$$

Onde N é o número de diferentes ações, μ_i é o retorno médio de uma ação i , σ_{ij} é a covariância entre os retornos das ações i e j , $\lambda \in [0,1]$ é o parâmetro de aversão ao risco. As variáveis de decisão x_i representam a proporção de capital a ser investido na ação i .

O caso em que $\lambda = 0$ representa a maximização do retorno médio (sem considerar a variância) e a solução ótima será formada somente pela ação com o melhor retorno médio. O caso em que $\lambda = 1$ representa a minimização da variância total associada ao portfólio (sem considerar o retorno médio) e a solução ótima consistirá tipicamente de várias ações. Qualquer valor de λ dentro do intervalo $(0,1)$ representa um *tradeoff* entre o retorno médio e a variância, gerando uma solução entre dois extremos $\lambda = 1$ e 0 .

3.3.2. A Matriz de Portfólio de Projetos de P&D

A Matriz de Portfólio de Projetos de P&D é uma ferramenta de comunicação que busca identificar projetos ou produtos que provêm benefícios para os consumidores e vantagens competitivas (HSUAN, 1998, HSUAN e VEPSALAINEN, 1997, LAURO e VEPSALAINEN, 1986, VEPSALAINEN e LAURO, 1988 *apud* MIKKOLA, 2001). Essa ferramenta facilita a seleção de projetos com a mais alta probabilidade de sucesso. A matriz foi introduzida inicialmente para facilitar o planejamento de P&D e a licitação de uma grande quantidade de contratos industriais e governamentais. Ela é designada para analisar os méritos das alternativas de atividades quando existem muitas firmas competindo para ganhar o contrato e muitos grupos que influenciam a seleção do contrato vencedor. A matriz original também se dirigia aos problemas multicritérios, quantificação dos julgamentos dos gerentes

de P&D, e performance dos produtos contra a competição de tecnologias. Mikkola (2001) estende a Matriz de Portfólios de Projetos de P&D para avaliar projetos de P&D de firmas industriais e comerciais, onde as exigências do projeto e as capacidades estratégicas das firmas são menos bem definidas se comparadas aos contratos governamentais.

A matriz é desenvolvida baseada em dois critérios: vantagens competitivas de uma firma e os benefícios oferecidos aos consumidores. Estes critérios permitem a matriz não só retratar as forças e fraquezas de uma empresa, mas também relacionar suas capacidades distintas com a satisfação percebida do cliente. Também levanta a questão de como uma empresa deveria administrar seu recurso de conhecimento tecnológico.

A avaliação de um portfólio de projetos de P&D na Matriz de Portfólio de Projetos de P&D inclui:

1. Especificação dos projetos de P&D apropriados.
2. Classificação dos projetos de acordo com as vantagens competitivas sustentáveis criadas pela firma, tais como vantagens técnicas, benefícios oferecidos aos clientes.
3. A gestão de projeto de P&D com respeito ao risco, dinâmicas, e balanço do portfólio.
4. Priorização dos projetos de P&D para execução.
5. As oportunidades escondidas oferecidas por vários fatores de acesso de mercado no aumento e ampliação frequentemente das vantagens competitivas de uma firma.

De acordo com Hax (1990) *apud* Mikkola (2001), vantagem competitiva é o resultado de uma compreensão completa das forças externas e internas que fortemente afetam a organização. Externamente, uma empresa tem que reconhecer sua atratividade industrial relativa e tendências, e as características dos seus principais competidores. Internamente, uma organização deve identificar suas capacidades competitivas.

Tais vantagens podem ser obtidas através de desenvolvimento de produtos, projeto e materiais, desempenho do produto, manufatura, tecnologia de produção, pesquisa de mercado, participação da empresa no mercado, e gerenciamento de logística para citar alguns. Em empresas de alta tecnologia, por exemplo, a habilidade para administrar o portfólio de produtos e respectivas tecnologias é altamente dependente dos processos industriais e capacidades técnicas a partir dos quais são produzidos tais produtos. Estas empresas não só têm que melhorar continuamente suas tecnologias industriais, eficazmente e lucrativamente, para viabilizar desafios tecnológicos de novos produtos, mas devem também desenvolver as capacidades técnicas e geração de conhecimento de suas áreas de P&D.

Os benefícios aos clientes podem ser entendidos como o valor percebido dos produtos oferecidos por uma empresa. Tal benefício pode ser retratado na forma de qualidade e características, preços baixos, entrega no tempo devido, customização, serviço de pós-venda, informação ao usuário ou *help-desk*, orgulho de propriedade, acessibilidade, segurança, reciclagem, etc. É importante que um firma capte as necessidades dos clientes, a partir de suas perspectivas, avalie tais necessidades e as traduza em um idioma comum de forma que todos os envolvidos no processo de pesquisa, desenvolvimento de produto, projeto, manufatura, e outros membros possam entender. Para todo conjunto de projetos de P&D, há um conjunto diferente de vantagens competitivas e benefícios que estes projetos podem trazer para os clientes.

A Matriz de Portfólio de Projetos de P&D é dividida em quatro quadrantes: STAR, FLOP, FAD e SNOB. STAR refere-se aos projetos de P&D caracterizados tanto por grandes vantagens competitivas quanto por grandes benefícios aos consumidores. Contrariamente aos STARS, os FLOPs não oferecem vantagem competitiva e apresentam habilidade limitada de fornecer benefícios aos consumidores. FADs são caracterizados por grandes benefícios aos consumidores e por fracas vantagens competitivas como vantagem tecnológica inferior. Já os SNOBs são caracterizados por grande vantagem competitiva, mas incapacidade em atender as necessidades dos consumidores.

A dinâmica da Matriz de Portfólio de Projetos de P&D consiste em localizar os diferentes projetos nesses quatro quadrantes e, em função dos objetivos estratégicos da organização, definir qual portfólio de projetos implica em maior vantagem para a mesma.

3.3.3. Metodologia de seleção de portfólio baseada em DEA e BSC.

Apesar de existirem vários métodos de gestão de portfólio que são empregados em várias organizações, os objetivos que os gerentes estão tentando alcançar são bastante semelhantes. Cooper *et. al.* (1997) *apud* Eilat *et. al.* (2005) reconheceu três objetivos gerais que normalmente dominam este processo de decisão:

- Efetividade: o alinhamento dos projetos do portfólio com as metas estratégicas da organização.
- Eficiência: o valor portfólio em termos de rentabilidade em longo prazo, retorno sobre investimento, probabilidade de sucesso, ou outras medidas de desempenho pertinentes.
- Equilíbrio: a diversificação dos projetos dos portfólio em termos de vários *tradeoffs* como alto risco versus apostas seguras, trabalho interno versus trabalho externo, etc.

Baseados nesse fato, Eilat *et. al.* (2005) propõem uma nova metodologia que atende a todos os três objetivos principais. A metodologia emprega um modelo baseado em DEA e no Balanced Scorecard. O DEA foi desenvolvida por Charnes *et. al.* (1978) *apud* Eilat *et. al.* (2005) para avaliar a eficiência relativa de unidades de tomada de decisão (DMUs). DEA controla as DMUs, as quais são comprometidas na execução de funções semelhantes que usam um conjunto de *inputs* para produzir um conjunto de *outputs*. Os *inputs* e os *outputs* podem conter tanto fatores quantitativos como qualitativos. O modelo básico de DEA define eficiência, como a relação da soma ponderada de *outputs* pela soma ponderada de *inputs*. O modelo escolhe para cada DMU o conjunto de pesos que alcançam a taxa máxima de eficiência. DEA consiste em uma técnica de programação matemática que calcula a eficiência relativa de múltiplas unidades de tomada de decisão baseada em múltiplos *inputs* e *outputs*. Aqui as DMUs representam os projetos ou portfólios

Seja o vetor $X_j = \{x_{ij}\}$ os *inputs* observados ($i = 1, \dots, m$) e o vetor $Y_j = \{y_{rj}\}$ os *outputs* observados ($r = 1, \dots, s$) do projeto j ($j = 1, \dots, n$). O valor relativo de uma DMU específica A_0 , é definido no modelo básico de DEA como a relação entre a soma ponderada de *outputs* pela soma ponderada de *inputs*. Os pesos são as variáveis do modelo. Eles estão definidos de uma forma que permite cada DMU se apresentar do modo mais favorável. A seguir é apresentado o modelo. A constante ε é um número infinitesimal que funciona como um limite inferior para os pesos. No modelo proposto as DMUs representam os projetos ou portfólios.

$$\max \frac{\sum_r \mu_r y_{ro}}{\sum_i v_i x_{io}}$$

$$\text{s.a. } \frac{\sum_i \mu_i y_{ij}}{\sum_i v_i x_{ij}} \leq 1 \quad \forall j,$$

$$\mu_r \geq \varepsilon,$$

$$v_i \geq \varepsilon.$$

BSC é um conceito que foi apresentado por Kaplan e Norton (1992, 1996 a,b) *apud* Eilat *et. al.* (2005) como um sistema de medida organizacional. Esta metodologia foi incentivada pelo fato de que as medidas de contabilidade financeira tradicionais, como retorno sobre investimento, podem ser incompletas e, se usadas sozinhas, podem acarretar em sinais

enganosos para melhoria contínua e crescimento de organizações. O BSC é indicado para produzir uma representação equilibrada do desempenho das empresas.

A metodologia proposta é composta por sete etapas. Ela começa com um esquema de alocação de recurso (*inputs*, na terminologia DEA) que distribui recursos entre categorias relacionadas a dimensões estratégicas chaves (por exemplo: linhas de produção, tipos de projeto, áreas tecnológicas, objetivos estratégicos). Depois de os recursos serem distribuídos, os projetos de P&D em cada categoria são modelados como DMUs, e avaliados através do modelo DEA-BSC (Passo 2). As avaliações de eficiência dos projetos individuais são usadas para dividir os projetos no grupo de projetos a serem considerados posteriormente e no grupo de projetos a serem rejeitados. Índices de projeto são, então, computados para permitir controle sobre a variabilidade do risco, eficiência, e equilíbrio de inputs (Passo 3). Um modelo de *branch and bound* é aplicado para gerar portfólios alternativos para subsequente avaliação (Passo 4). Então, uma função de acumulação que leva em conta o efeito combinado do possível benefício, resultado, e interações de recurso é aplicada aos *inputs* e *outputs* dos projetos em cada portfólio para determinar *inputs* e *outputs* agregados do portfólio (Passo 5). Para avaliar os portfólios alternativos, o modelo de DEA-BSC é novamente usado, nesse momento ao nível de portfólio (Passo 6). Finalmente, uma análise de sensibilidade é executada, e um portfólio desejável é selecionado (Passo 7).

Uma desvantagem desse modelo é que ele considera o problema de seleção de portfólio dentro de um ambiente estático, ou seja, não leva em consideração a característica dinâmica desse tipo de problema. Também poderia ser relevante permitir diferentes níveis de implementação do mesmo projeto, e os processar como alternativas de projeto diferentes. Esta opção não só gerará um portfólio desejado, mas também indicará o nível ótimo de implementação.

3.3.4. Modelo de custo

Por razões competitivas, as corporações desejam desenvolver projetos com o mais baixo custo de desenvolvimento C , o tempo mais curto de criação T , e a probabilidade mais alta de sucesso P . A escolha de desenvolver só um projeto de cada vez pode ser arriscada por causa das restrições de tempo e a probabilidade de fracasso. A escolha de desenvolver vários projetos diferentes em paralelo pode ser inviável por causa do orçamento e das restrições de recurso. Assim, foi desenvolvido um modelo de custo e um algoritmo de seleção estratégico

para filtrar recursos conflitantes, para avaliar e equilibrar o *tradeoff* entre C , T , e P , e então escolher as combinações ótimas de projetos (CHU *et. al.*, 1996).

O critério para seleção da seqüência ótima de desenvolvimento de projetos de P&D é escolher a seqüência com o mais baixo custo total esperado de desenvolvimento entre as possíveis combinações de desenvolvimento. O custo total esperado de desenvolvimento J é definido como a soma ponderada do custo monetário tangível total esperado e o custo de tempo intangível total esperado como mostrado a seguir:

$$J = \lambda_1 \cdot (\text{custo monetário tangível total esperado de desenvolvimento do projeto}) + \lambda_2 \cdot (\text{custo de tempo intangível total esperado de desenvolvimento do projeto})$$

onde λ_1 e λ_2 são os pesos do custo e do tempo de desenvolvimento. Eles representam os *tradeoffs* entre C e T , e o decisor estabelece seus valores de acordo com seus interesses preferências. Os custos esperados são calculados a partir dos custos atuais e P . Duas suposições governam o modelo de custo. Primeiro é assumido que cada possível projeto de P&D provê semelhante compatibilidade de mercado. Segundo, o tempo requerido para o desenvolvimento de um produto é tão pequeno que a taxa de interesse não desempenha um papel significativo. Dessa forma, foi escolhida a análise de custo e não foi levada em consideração a estimação do valor presente líquido de cada projeto.

No modelo, o tomador de decisão pode avaliar os valores brutos dos parâmetros C , T e P . Em particular, foi empregado um conceito de *task-driven* na administração de dados, que quebra cada projeto de desenvolvimento de produto em algumas subtarefas seqüenciais. Essa metodologia tem dois propósitos. Primeiro, para produzir um plano de desenvolvimento confiável, o modelo de custo requer dados mais precisos para C , T , e P para cada projeto. A metodologia *task-driven* pode motivar o tomador de decisão a examinar cada projeto profundamente. Segundo, existem freqüentemente tarefas semelhantes entre projetos diferentes, então, existe uma relação mutuamente dependente e de aprendizagem. A metodologia *task-driven* também pode capturar o efeito de aprendizagem e levar isso em consideração enquanto procura o portfólio ótimo de projetos.

Nesse trabalho, a relação entre todas as probabilidades de sucesso e todos os custos de desenvolvimento esperados é tratada de forma discreta. No entanto, a probabilidade de sucesso pode ser uma função contínua do custo de desenvolvimento. Uma vez que programação dinâmica pode controlar somente estágios discretos, ao se implementar uma

função de custo-probabilidade contínua, ocorrerão mudanças principais no sistema de seleção estratégico.

3.3.5. Sistema híbrido de conhecimento e modelo

O sistema híbrido de conhecimento e modelo para seleção de projetos de P&D proposto por Tian *et. al.* (2002) é composto por uma base de modelos, uma base de conhecimento e uma base de dados. Os usuários podem acessar esses componentes através das interfaces de usuários. Nesse sistema diferentes tarefas de tomada de decisão são realizadas por diferentes grupos de tomada de decisão. Modelos e regras são designados para diferentes tarefas de decisão e grupos. O sistema híbrido de conhecimento e modelo apóia todo o processo de seleção de projetos de P&D, indo desde a submissão da proposta até a escolha do projeto ganhador. Modelos de decisão são principalmente designados para as seguintes três tarefas: designação de revisores externos para proposta, agregação dos resultados dos revisores e avaliação de painel. Regras de conhecimento são designadas para submissão de propostas, revisão e avaliação final.

Com relação à base de dados, existem duas categorias de dados armazenados: dados sobre recursos humanos e dados sobre propostas. Já a base de modelos é composta por dois modelos de decisão. O primeiro modelo é um modelo de designação para designar revisores externos para as propostas de acordo com as linhas de pesquisa. O objetivo é designar para a tarefa designações de revisores externos. O modelo de designação é uma variação do modelo de designação em pesquisa operacional. Os dados devem ser processados para serem utilizados pelo modelo. O modelo proposto consiste de dois passos:

Passo 1: a combinação de relações pode ser determinada entre propostas e revisores externos. As relações podem ser representadas como uma matriz $m \times n$ $R = (r_{ij})$ ($i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n$), se existem m propostas e n revisores externos, onde:

$r_{ij} = 0$, se nenhuma das palavras chave da proposta i e revisor externo j possam ser combinados. $r_{ij} = 1$, em outros casos

Passo 2: os revisores externos podem ser designados de acordo com o modelo a seguir, que é uma variação do modelo de designação.

$$\max \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} X_{ij},$$

$$\text{s.a. } \sum_{j \in J} X_{ij} = a_i,$$

$$\sum_{j \in J} X_{ij} \leq b_j$$

$$X_{ij} = 0, \text{ se } r_{ij} = 0 \text{ em } \mathbb{R}$$

$$X_{ij} = 0,1, \text{ se } r_{ij} = 1 \text{ em } \mathbb{R}$$

onde I é o conjunto de índices das propostas i , J o conjunto de índices dos revisores externos j .

$X_{ij} = 1$, se a proposta i é designada para o revisor externo j e $X_{ij} = 0$, em outros casos.

a_i é o número de revisores externos para cada proposta, b_j é o número máximo de propostas que um revisor externo pode levar a cabo.

O segundo modelo de decisão e para avaliação de propostas. Ele agrega os resultados da avaliação de revisores externos e o desempenho atual dos projetos candidatos. O modelo faz uso da teoria dos conjuntos nebulosos para integrar informações subjetivas dos resultados das revisões com as informações objetivas do desempenho atual dos projetos fundados e pode ser definido como segue. Seja $P = \{P_1, \dots, P_m\}$ o conjunto de propostas, e $G = \{G_1, \dots, G_n\}$ o conjunto de graus nebulosos. Para toda proposta, existem l avaliações de revisores externos. Dessa forma, para uma proposta, uma avaliação típica feita por um revisor externo pode ser representada como um conjunto nebuloso como $G = \{0.6/G_1, \dots, 0.2/G_n\}$. Existe ainda uma avaliação similar a partir de informações objetivas. Na prática, algumas técnicas nebulosas podem ser requeridas para transformar outros formatos de avaliação neste. Combinando esses dois tipos de avaliações, para cada proposta k ($0 \leq k \leq m$), nós temos uma matriz $E^k = (e^k_{ij})$ ($1 \leq i \leq l + 1$, $1 \leq j \leq n$), que leva em consideração os resultados da avaliação da proposta k para cada critério, onde $e^k_{ij} \in [0,1]$, $(e^k_{11}, \dots, e^k_{1n})$ é o resultado da avaliação objetiva e $(e^k_{s1}, \dots, e^k_{sn})$ ($2 \leq s \leq l + 1$) é o resultado da avaliação subjetiva feita pelo revisor externo s .

Para uma proposta k , um grau agregado Y^k pode ser calculado pelo seguinte modelo:

$$Y^k = W \circ E^k = (w_1, w_2, \dots, w_{l+1}) \circ \begin{bmatrix} e^k_{11}, & \dots, & e^k_{1n} \\ e^k_{21}, & \dots, & e^k_{2n} \\ \vdots & & \vdots \\ e^k_{l+11}, & \dots, & e^k_{l+1n} \end{bmatrix} = (y^k_1, \dots, y^k_n)$$

onde $(w_1, w_2, \dots, w_{l+1})$ é o conjunto de pesos da avaliação objetiva e dos revisores externos, e $y^k_j = (w_1 \cdot e^k_{1j}) \oplus \dots \oplus (w_{l+1} \cdot e^k_{l+1j})$ (“ \cdot ” é o produto algébrico, e “ \oplus ” é soma limitada a $\oplus b = \max\{1, a + b\}$).

Seja $y^k_j = \text{Max}(y^k_1, \dots, y^k_n)$, então a avaliação final da proposta k é G_i .

O terceiro modelo visa à agregação de preferências em múltiplos formatos. Ele é designado para apoiar reuniões em grupo desestruturadas tais como painéis de avaliação em grupo. A característica do modelo é que qualquer especialista pode escolher seu formato de preferência favorito para expressar sua escolha, e o modelo provê um método para agregar essas preferências individuais com diferentes formatos. O modelo consiste de dois passos. O primeiro passo transfere cada formato para uma relação de preferência nebulosa. O segundo passo agrega todas as preferências usando um quantificador lingüístico nebuloso. É na verdade um processo para calcular o quantificador nebuloso.

Seja n o número de alternativas $A = \{A_1, \dots, A_n\}$, e m o número de especialistas que expressam suas escolhas usando um dos formatos de preferência. Para agregar as preferências dos especialistas, o primeiro passo é transformar todos esses formatos em uma relação de preferência nebulosa. Então toda preferência de um especialista é uma matriz $n \times n$ $R^k = (r^k_{ij})$, onde $r^k_{ij} \in [0,1]$, $r^k_{ij} + r^k_{ji} = 1$, $r^k_{ii} = -(\text{indefinido})$, $1 \leq k \leq m$, e $1 \leq i, j \leq n$. Essas relações de preferência nebulosa podem ser agregadas na forma global $R^c = (r^c_{ij})$. Para cada i, j ($1 \leq i, j \leq n$), existem m valores $r^1_{ij}, \dots, r^m_{ij}$ cada qual proveniente de um especialista. Ordenando esses valores em uma ordem decrescente, obtêm-se uma seqüência b^1, \dots, b^m . Feito isso, seja, $w_q = Q(q/m) - Q(q-1/m)$ ($1 \leq q \leq m$), e Q é a função não decrescente de um quantificador nebuloso. Então :

$$r^{cdef}_{ij} = F_Q(r^1_{ij}, \dots, r^m_{ij}) = \sum_{q=1}^m b^q w^q$$

Baseado na relação coletiva de preferência nebulosa R_c , para cada alternativa, nomeada i , dois graus de escolha podem ser definidos: o *Quantifier Guided Dominance Degree* (QGDD _{i}) como $\text{QGDD}^{\text{def}}_i = F_Q(r^c_{ij}, j = 1, \dots, n, j \neq i)$, e o *Quantifier Guided Non-Dominance Degree* (QGNDD _{i}) como $\text{QGNDD}^{\text{def}}_i = F_Q(1 - \max\{r^c_{ji} - r^c_{ij}, 0\}, j = 1, \dots, n, j \neq i)$. Finalmente,

o conjunto de alternativas para o grupo é definido como $A^{QGDDdef} = \{A_i | A_i \in A, QGDD_i = \max_j \{QGDD_j\}\}$ ou $A^{QGNDDdef} = \{A_i | A_i \in A, QGNDD_i = \max_j \{QGNDD_j\}\}$.

3.3.6. Modelo de Lockwood

O modelo apresentado por Coldrick *et. al.* (2005) foi desenvolvido por Lockwood (1999). Esse modelo é dividido nos seguintes estágios:

– Estágio de agrupamento: procura agrupar os diferentes tipos de projetos de P&D em três áreas principais: pesquisa básica, pesquisa aplicada, desenvolvimento experimental. Embora não existam definições claras sobre os tipos de projetos, essa classificação permite a aplicação de ferramentas mais apropriadas.

– Estágio de filtragem (avaliação): modelos de ordenação provêm meios de avaliar uma grande quantidade de projetos. A base dos modelos de ordenação é julgar um conjunto de projetos em relação a um conjunto de critérios para obter uma ordem para os projetos. Diferentes pesos podem ser aplicados para cada critério de acordo com suas importâncias relativas. Dessa forma, as principais entradas para o modelo de ordenação são: a determinação dos critérios, determinação dos pesos dos critérios e estabelecimento das ordens. A grande vantagem do modelo de ordenação é sua habilidade de incluir tanto dados quantitativos quanto qualitativos.

– Estágio de seleção: apesar do estágio de filtragem fornecer uma indicação da atratividade de empreender uma parte particular de pesquisa, algumas indicações quantitativas do risco envolvido em empreender um projeto, e das recompensas associadas com aqueles riscos são requeridas. O resultado do estágio de seleção é, portanto uma avaliação custo/benefício.

A determinação dos pesos e ordens é um processo subjetivo que depende tanto de opiniões pessoais quanto de avaliações difíceis. O modelo de ordenação é organizado de forma que para cada projeto candidato há várias categorias e dentro de cada categoria há vários critérios. A interdependência entre os critérios é então considerada pela aplicação de pesos às ordens. De forma que não há nenhuma influência para um projeto particular ou categoria, as ordens ponderadas totais em cada caso são normalizadas pelo peso total, como descrito a seguir:

$$\text{Ordem do projeto} = \frac{\sum_n^1 \text{ordem da categoria} \times \text{peso da categoria}}{\sum_n^1 \text{peso da categoria}}$$

$$\text{Ordem da categoria} = \frac{\sum_{m=1}^1 \text{ordem do critério} \times \text{peso do critério}}{\sum_{m=1}^1 \text{peso do critério}}$$

onde n é o número de categorias e m é o número de critérios.

3.3.7. Modelo de seleção de projetos de P&D utilizando o ANP

Meade e Presley (2002) apresentam um modelo de seleção de projetos de P&D que utiliza a metodologia ANP (*Analytic Network Process*). O ANP é uma generalização do AHP. Enquanto o AHP modela uma estrutura de tomada de decisão que assume uma relação hierárquica unidirecional entre os níveis de decisão, o ANP trabalha com relações mais complexas entre os níveis de decisão e os atributos.

Nesse modelo os critérios e as alternativas relevantes são estruturados de forma hierárquica. No ANP, assim como no AHP, as comparações par-a-par dos elementos em cada nível são conduzidas com respeito a suas importâncias relativas através dos critérios. Nesse modelo, se um componente têm um nível fraco de impacto, a sua avaliação ficará entre 1 e 1/9, onde 1 representa indiferença e 1/9 a relação de dominância de um elemento de coluna por um elemento de linha.

A seleção da melhor alternativa depende, então, do cálculo do que o autor denomina de índice de desejabilidade para uma alternativa $I(D_i)$. A equação para D_i é definida por:

$$D_i = \sum C_i M_i A_i$$

Onde:

C_i representa a importância (peso) relativa de cada categoria de medida;

M_i representa o peso para cada medida;

A_i representa a importância relativa para uma dada alternativa para uma medida.

A alternativa com o maior índice de desejabilidade deve ser selecionada.

3.4. Desafios para futuros trabalhos na área de P&D

A partir do estudo de trabalhos na área de seleção de portfólios, pode-se chegar a algumas conclusões sobre as metodologias utilizadas e, conseqüentemente, estabelecer metas para futuros trabalhos.

Primeiramente muitos autores enfatizam a necessidade de se criar uma estrutura que integre diferentes métodos para se obter um portfólio satisfatório (COOPER *et. al.*, 2001 *apud* COLDRICK *et. al.*, 2005; GHASEMZADECH e ARCHER, 2000; ARCHER e GHASEMZADEH, 1999; REGAN e HOLTZMAN, 1995; LIN e HSIEH, 2004). Dessa forma, o decisor poderia escolher dentre os diferentes métodos disponíveis aqueles que achassem mais adequados para o problema específico e com os quais ele possui mais habilidade e conhecimento. No entanto, apesar de se obter flexibilidade com essa estrutura, muitas vezes a quantidade de dados e o trabalho requeridos não justificam o seu emprego.

Os autores costumam classificar ainda as metodologias de seleção de portfólios de P&D de diferentes formas. Basicamente as metodologias podem ser enquadradas em: métodos de programação matemática e de otimização; modelos de decisão (compensatórios e não compensatórios); modelos econômicos e modelos interativos. Dentro dos modelos de decisão compensatórios, um método bastante utilizado nessa área é o AHP (LIBERATORE, 1988a,b; LIBERATORE e STYLIANOU, 1995 *apud* TIAN *et. al.*, 2002; IYIGUN, 1993 *apud* TIAN *et. al.*, 2002; GHASEMZADECH e ARCHER, 2000 *apud* TIAN *et. al.*, 2002) ou uma adaptação do mesmo como o ANP (MEADE e PRESLEY, 2002). Embora não tenham sido estudados trabalhos que utilizam modelos de decisão compensatórios como o ELECTRE e o PROMETHEE, muitos autores revelam o uso de tais ferramentas (ORAL *et. al.*, 1991 *apud* , 1996; ARCHER e GHASEMZADECH, 1999).

Muitas das metodologias que tratam do problema de seleção de portfólios de P&D, por sua vez, tentam mensurar o retorno esperado dos projetos de P&D em valores monetários ou tangíveis (LIBERATORE, 1987 *apud* COLDRICK *et. al.*, 2005; CHU *et. al.*, 1996), o que nem sempre é possível. Não necessariamente, investimentos na área de P&D trarão retornos financeiros, mas em longo prazo implicarão em ganhos estratégicos que terão como consequência retornos financeiros. Não está sendo questionado aqui o fato de se tentar estimar a eficiência dos projetos em termos da relação do que foi investido pelo que será obtido, mas sim as variáveis que estão sendo levadas em consideração na avaliação da eficiência.

Muitos autores (LIBERATORE e STYLIANOU, 1995, SCHMIDT e FREELAND, 1992 *apud* TIAN *et. al.*, 2002) revelam que muitos dos métodos elaborados para seleção de projetos de P&D não estão sendo usados e apresentam impactos limitados na tomada de decisão em virtude de serem difíceis de serem utilizados. Em virtude disso, Sistemas de Apoio a Decisão têm sido propostos e desenvolvidos, integrando métodos e modelos de decisão com suporte computacional (GHASEMZADECH e ARCHER, 2000; IYIGUN, 1993,

IYIGUN e KOCAOGLU, 1994, LIBERATORE e STYLIANOU, 1995, STEWART, 1991 *apud* TIAN *et. al.*, 2002). No entanto, esses sistemas não só devem facilitar a usabilidade dos modelos de seleção, mas principalmente devem suportar todo o processo de tomada de decisão no nível organizacional, levando em consideração múltiplos tomadores de decisão e atividades organizacionais (GEORGE, 1992, HACKATHORN e KEEN, 1981, NUNAMAKER *et. al.*, 1992 *apud* TIAN *et. al.*, 2005).

Portanto, uma exigência da maioria das metodologias de seleção de portfólios é em relação aos dados requeridos e a facilidade de uso. É interessante a construção de um modelo cujos dados necessários sejam de fácil obtenção e/ou estimação, bem como permita o seu uso por pessoas que não têm muito conhecimento com os métodos que estão sendo empregados.

Dessa forma foi identificado como desafio, dentro dessa área de pesquisa, a construção de um modelo de fácil utilização, que levasse em consideração não apenas os retornos financeiros dos projetos, mas principalmente os benefícios estratégicos, que ao mesmo tempo se baseasse na combinação de diferentes projetos para construção de um portfólio e que procurasse atender os objetivos conflitantes caso a decisão seja tomada em grupo.

4. ESTUDO DE CASO

4.1. Modelo de P&D da ANEEL

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), autarquia em regime especial, vinculada ao Ministério de Minas e Energia (MME), foi criada pela Lei 9.427 de 26 de Dezembro de 1996. Tem como atribuições: regular e fiscalizar a geração, a transmissão, a distribuição e a comercialização da energia elétrica, atendendo reclamações de agentes e consumidores com equilíbrio entre as partes e em benefício da sociedade; mediar os conflitos de interesses entre os agentes do setor elétrico e entre estes e os consumidores; conceder, permitir e autorizar instalações e serviços de energia; garantir tarifas justas; zelar pela qualidade do serviço; exigir investimentos; estimular a competição entre os operadores e assegurar a universalização dos serviços. Sua missão é proporcionar condições favoráveis para que o mercado de energia elétrica se desenvolva com equilíbrio entre os agentes e em benefício da sociedade (ANEEL, 2005).

A partir da Lei 9.991/2000 as concessionárias e permissionárias de serviços públicos de distribuição de energia elétrica passaram a ser obrigadas a aplicar, anualmente, o montante de, no mínimo, setenta e cinco centésimos por cento de sua receita operacional líquida em Pesquisa e Desenvolvimento do setor elétrico. Nesse sentido, a ANEEL é responsável pela avaliação dos projetos de P&D que são submetidos anualmente pelas concessionárias no Programa Anual de P&D do Setor Elétrico.

De acordo com o Comitê de Integração Corporativa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico (CICOP) (2005), desde a edição da Lei 9.991/2000 foi investido em P&D pelo Sistema Eletrobrás, empresa do Governo Federal encarregada de coordenar o setor elétrico brasileiro, até 2003 o valor de R\$ 340.197.628,00 e foi previsto para ser aplicado no ano de 2004 o valor de R\$ 204.938.613,00 que totaliza uma aplicação durante estes 04 (quatro) últimos anos o valor total de R\$ 589.148.981,00. A Figura 4.1 ilustra esses investimentos.

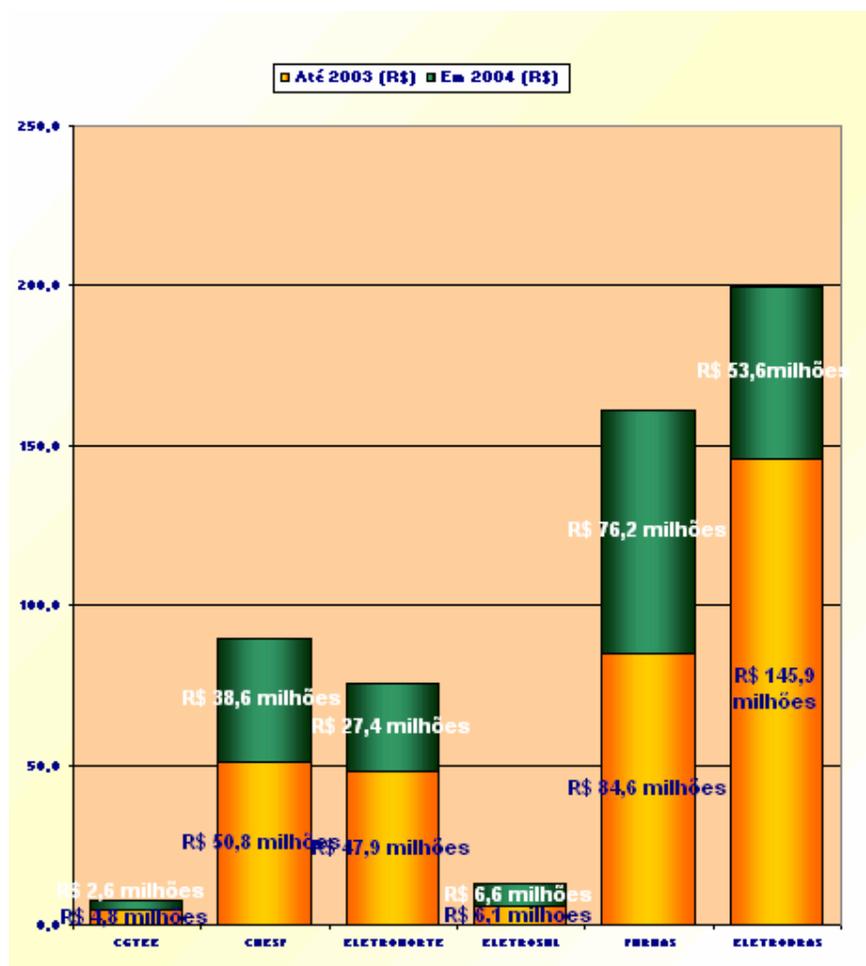


Figura 4.1 – Aplicação em P&D desde a edição Lei 9.991/2000

Fonte: CICOP (2005)

Os Programas de P&D devem estar pautados na busca de inovações para fazer frente aos desafios tecnológicos e de mercado das empresas de energia elétrica. Esses projetos geralmente são resultantes de iniciativas por parte de Universidades, Fundações e Centros de Pesquisas. A participação de instituições públicas ou privadas de ensino ou de P&D, todavia, é limitada àquelas nacionais, reconhecidas pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) e/ou credenciadas pelo Ministério da Educação (MEC).

As empresas devem enviar as suas propostas de Programa Anual de P&D conforme cronograma de envio, nos prazos estipulados nos contratos de concessão ou conforme prazos divulgados pela ANEEL. A ANEEL é responsável pela análise, aprovação dos Programas Anuais de P&D, pelo acompanhamento da execução dos projetos aprovado e pela fiscalização destes. Para execução da etapa de análise dos programas, foi estabelecida parceria com o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), que avalia os mesmos por meio de seus consultores, segundo determinados critérios, emitindo pareceres

recomendando a aceitação, recusa ou revisão dos projetos propostos. Cabe a ANEEL, o acompanhamento dessa análise e aprovação dos programas.

De acordo com a ANEEL (2001), o resultado da avaliação de cada proposta de projeto é informado à empresa de energia elétrica, em um prazo de até 30 dias após o recebimento da proposta de Programa Anual de P&D, por meio do envio do Formulário de Avaliação de Projetos de P&D. Caso o Programa de P&D não tenha sido integralmente aprovado na primeira avaliação, a empresa de energia elétrica deve adequar o Programa de P&D em um prazo de 30 dias para nova submissão à ANEEL. O resultado da segunda avaliação deve ser encaminhado pela ANEEL em um prazo de 30 dias. Após aprovação, a ANEEL emite Despacho específico e cadastra os projetos para acompanhamento.

A atividade de acompanhamento dos programas é executada pela ANEEL ou pelas agências estaduais, nos termos definidos nos seus convênios de cooperação. Os projetos do Programa Anual de P&D podem ser executados diretamente pela empresa de energia elétrica ou por agente, estabelecido no Brasil, contratado para esta finalidade. Essas instituições podem se valer de especialistas estrangeiros para a realização das pesquisas no Brasil (ANEEL, 2001).

A Figura 4.2 ilustra, esquematicamente, as etapas do processo de avaliação e aprovação da Proposta do Programa Anual de P&D, que são descritas na Tabela 4.1, e que foram apresentadas no Manual dos Programas de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor Elétrico Brasileiro elaborado pela ANEEL em 2001.

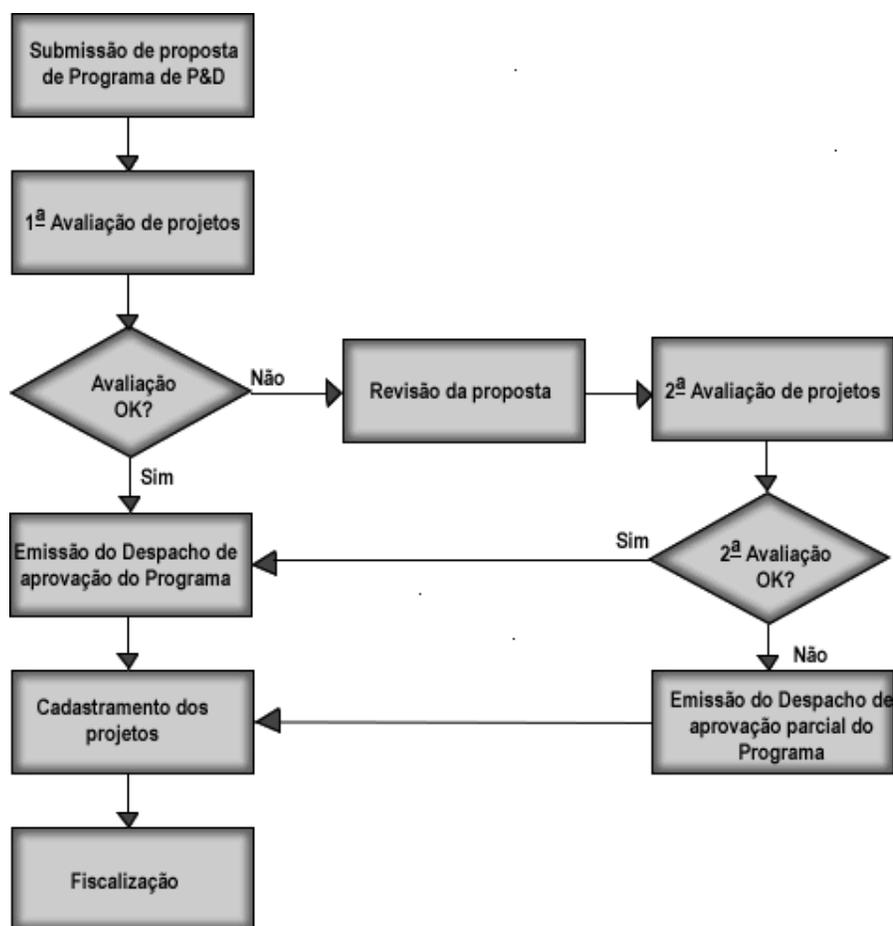


Figura 4.2 – Processo de Avaliação e Aprovação das Propostas de Programas de P&D
 Fonte: ANEEL (2001)

Na Tabela 4.1 pode-se visualizar a descrição das etapas do processo de avaliação e aprovação da Proposta do Programa Anual de P&D.

Tabela 4.1 – Fases do Processo de Avaliação e Aprovação do Programa Anual de P&D
 Fonte: ANEEL (2001)

FASES	DESCRIÇÃO
Empresa elabora a proposta de Programa	As empresas de energia elétrica elaboram os seus Programas Anuais, conforme as orientações do Manual dos Programas de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor Elétrico Brasileiro elaborado pela ANEEL em 2001.
Empresa envia proposta à ANEEL	Um formulário que apresenta o Quadro resumo dos projetos e investimentos, é enviado à ANEEL, aos cuidados da Superintendência de Regulação dos Serviços de Distribuição (SRD), e os formulários de Caracterização do projeto para srdped@aneel.gov.br .

ANEEL avalia projetos	A ANEEL, através de seus prepostos autorizados, avalia o mérito dos projetos do Programa proposto.
ANEEL envia formulário de Avaliação de projetos de P&D à empresa	Em um prazo de 30 dias do recebimento da proposta de Programa, a ANEEL, por meio do formulário de Avaliação de projetos de P&D, informa o resultado da avaliação.
1ª avaliação OK?	Não: Empresa de energia elétrica revisa/modifica ou propõe projeto alternativo para ajustar a proposta de Programa e reenvia proposta em 30 dias.
	Sim: A ANEEL aprova Programa, expede Despacho específico e cadastra os Programas para acompanhamento.
2ª Avaliação OK ?	Não: A ANEEL expede Despacho específico, aprovando os projetos aceitos, remaneja a diferença para o próximo ciclo e encaminha processo para a AE/SFE/SFG.
	Sim: A ANEEL aprova Programa, expede Despacho específico e cadastra os Programas para acompanhamento.

Para ANEEL (2001) o sucesso de um projeto de P&D depende de dois fatores básicos: da natureza dos produtos quanto à criatividade científica e inovação tecnológica, por um lado, e da sua potencialidade de aplicação pelo outro. Essas qualidades não são excludentes *a priori*. Ao contrário, a convergência da descoberta e do seu uso prático mais ou menos imediato, isto é, transformando o resultado da pesquisa tecnológica em inovação é a mola mestra deste Programa de P&D. Neste sentido, as propostas em parceria com fabricantes de equipamentos ou empresas de base tecnológica serão mais bem pontuadas na fase de avaliação.

Dada a limitação dos recursos disponíveis para P&D, é necessário estabelecer diretrizes para aferir, no que for possível, o mérito dos projetos, de modo que tais recursos sejam aplicados eficientemente. Neste sentido, as propostas que tiverem valores superiores a R\$ 400.000,00 (quatrocentos mil reais) deverão prover estudos de viabilidade econômica que comprovem que o valor investido será retornado em benefícios para a empresa concessionária.

De acordo com a ANEEL (2001), as propostas de projetos de P&D são avaliadas de acordo com as seguintes orientações para a aferição dos méritos:

a) qualidade da proposta: consiste em avaliar a qualidade da proposta ao determinar se as metas, objetivos e atividades representam meios tecnicamente viáveis para resolver as principais dificuldades da empresa. É verificado se a proposta descreve a interação dos esforços em P&D para assegurar uma abordagem sinérgica, sem duplicação de esforços. Avalia-se, ainda, se existe uma visão realista, sob o ponto de vista técnico e financeiro, para a transferência de resultados da proposta ao mercado em um tempo razoável e se o nível de custos estimado é apropriado ao tipo de proposta considerada. O tamanho do nicho de mercado ou a probabilidade do sucesso comercial, bem como o orçamento e o cronograma propostos são avaliados com relação ao atendimento dos resultados desejados.

b) resultados do projeto: os resultados previstos no final da pesquisa e o nível de benefícios públicos e privados são avaliados frente aos custos propostos. Os benefícios públicos podem abranger melhorias de qualidade do meio ambiente, utilização de fontes renováveis de energia, aumento de eficiência energética na geração e consumo de energia, aumento da confiabilidade dos sistemas elétricos e redução de custos para o consumidor, dentre outros.

c) qualificação da equipe de P&D: são avaliadas a capacitação e disponibilidade da equipe de P&D baseado em:

- conhecimento, qualificações e experiência dos profissionais, pesquisadores e coordenador da equipe envolvidos;
- desempenho pregresso e nível de comprometimento do coordenador e pesquisadores;
- atuação da equipe de P&D para transferir os resultados da pesquisa para o mercado;
- perfil da equipe de P&D, que deve ser compatível com os objetivos do projeto.

A avaliação da qualificação do coordenador de Equipe de P&D deve levar em consideração também a participação em consultorias, além de sua produção de publicações especializadas, registro de patentes e participação em congressos, seminários, *workshops*, cursos tutoriais, etc. As atividades prévias do coordenador, bem como os resultados e produtos originados pelos mesmos, devem se constituir em elementos importantes para sua avaliação.

De acordo com Manual dos Programas de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor Elétrico Brasileiro elaborado pela ANEEL em 2001, os projetos que integram o Programa Anual de P&D do setor de energia elétrica podem ser agrupados nas seguintes áreas:

– Eficiência Energética: os projetos de P&D em eficiência energética são voltados para o desenvolvimento de novas tecnologias ou métodos para redução do consumo de energéticos na geração de energia elétrica, assim como o consumo de energia nos sistemas ou equipamentos de uso final. Também constitui atividade de P&D em eficiência energética, o desenvolvimento de ferramentas analíticas para avaliar a melhoria de eficiência energética das tecnologias de uso final. As atividades dessa área, geralmente, têm o objetivo de melhorar a atratividade econômico-financeira de tecnologias, produtos ou serviços eficientes. Dessa forma, é importante reunir esforços para entender a relação entre a maior eficiência e outros elementos que são levados em consideração pelos consumidores finais no momento da tomada de decisão por uma tecnologia energeticamente eficiente.

– Energia Renovável: os projetos de P&D de energias renováveis são voltados à captação e posterior conversão das fontes renováveis – eólica, solar, hidráulica ou biomassa – através de tecnologias específicas de geração de energia elétrica. As aplicações tecnológicas incluem: sistemas fotovoltaicos; geração térmica solar; turbinas eólicas; geração hidrelétrica e utilização direta de combustíveis derivados da digestão anaeróbica, fermentação ou outra forma de conversão de biomassa, resíduos e lixo para produzir energia elétrica. Esses projetos têm o objetivo, ainda, de desenvolver novas tecnologias ou métodos para aperfeiçoar o desempenho técnico e a viabilidade econômica das fontes energéticas renováveis, assim como aquelas capazes de desenvolver e prover ferramentas analíticas e informações para aperfeiçoar os produtos e serviços.

– Geração de Energia Elétrica: os projetos de P&D de Geração de Energia Elétrica são voltados para obter melhorias de eficiência energética e/ou desempenho ambiental de tecnologias de geração. Encontram-se nesta área temática os projetos de P&D relativos a tecnologias e processos que buscam a melhoria da eficiência, a redução de custos e a melhoria do desempenho ambiental das tecnologias de geração, assim como os projetos que tenham como produto final a obtenção de ferramentas analíticas e informações para melhorar as tecnologias de geração. Alternativas de geração de pequeno porte concebidas para aplicação em sistemas isolados ou como geração distribuída em sistemas de distribuição, cogeração, novos ciclos de geração, células combustíveis e turbinas a gás de nova geração são exemplos de sistemas de geração nesta área de P&D.

– Transmissão de Energia Elétrica: de acordo com o novo modelo do setor de energia elétrica, a rede de transmissão deve ser neutra e regulada com importante papel na garantia da qualidade e confiabilidade do suprimento de energia, bem como nos seus preços finais. Desta

forma, o desenvolvimento de tecnologias de transmissão que permitam aumentar a capacidade de transporte e a confiabilidade, com baixos custos de investimento e operação é de grande importância estratégica. Portanto, devem ser desenvolvidas novas metodologias de diagnóstico, preferencialmente em regime energizado, para identificar a confiabilidade de continuidade em operação e avaliar o grau de risco de falha de equipamentos, componentes e instalações de rede.

– Distribuição de Energia Elétrica: os projetos nessa área geralmente constituem o desenvolvimento de ferramentas computacionais para o planejamento da distribuição utilizando técnicas de inteligência artificial com o objetivo de fornecer suporte à decisão nas alternativas de expansão aos sistemas de distribuição. Nestas ferramentas, deve-se incorporar a experiência do planejador. Devem ser agregadas também condições econômicas, redução de perdas elétricas e qualidade do fornecimento.

– Meio Ambiente: a produção, a distribuição e o consumo de energia elétrica têm impactos diversos sobre o meio ambiente. Dessa forma, as atividades de P&D nesta área são voltadas para melhorar o entendimento dos impactos ambientais provocados pela exploração de energia elétrica e para o desenvolvimento de medidas de prevenção de danos ao meio ambiente.

– Qualidade: a energia elétrica precisa ser gerada simultaneamente com o consumo, não podendo ser armazenada pelos consumidores, nem transportada pelos meios usuais de transporte e, mais importante, sua qualidade depende tanto das concessionárias, que a produzem, transmitem e distribuem, como do consumidor. Vários são os fatores comportamentais que têm tornado mais rígidos os requisitos de qualidade para a energia elétrica e como consequência muitos projetos na área de qualidade estão sendo estudados de forma a atender de forma eficiente e eficaz as necessidades dos consumidores.

– Supervisão, Controle e Proteção de Sistemas Elétricos: projetos de P&D nessa área compreendem: desenvolvimento de tecnologia para sincronização dos dados em sistemas de supervisão e controle, análise dinâmica de sistemas em tempo real e desenvolvimento de técnicas para recomposição de sistemas elétricos. O objetivo principal é melhorar o desempenho operacional das concessionárias

– Medição: a forma de medição do consumo de energia elétrica é de relevante importância para o faturamento das empresas e para monitoração das grandezas elétricas, com o objetivo de garantir a confiabilidade do sistema e a qualidade da energia elétrica distribuída. Nesse sentido, projetos nessa linha incluem: desenvolvimento e/ou aperfeiçoamento de

equipamentos e sistemas de medição para faturamento de energia elétrica; desenvolvimento de equipamentos de medição envolvendo grandezas elétricas; instrumentos para aquisição e transmissão de dados em redes de distribuição; novos instrumentos para identificação de falhas em redes de distribuição aplicados à proteção das linhas, etc.

– Transmissão de dados por redes elétricas: as linhas que conectam as residências e escritórios aos canais de comunicação de banda mais larga são, geralmente, mais antigas e freqüentemente instaladas de forma precária, o que compromete o desempenho de determinados serviços, como internet e serviço telefônico padrão. Para superar este problema, várias soluções têm sido estudadas, como a instalação de canais de fibra ótica, dispositivos sem fio, etc. Uma tecnologia que vem sendo considerada para superar esse problema é a utilização da rede elétrica de baixa tensão para transmissão de dados, através da qual se pode acessar a internet em alta velocidade, canais interativos de televisão, etc.

– Pesquisa estratégica: com a reestruturação do Setor Elétrico e a conseqüente mudança do relacionamento entre as empresas, que passou a ser mais competitivo, surgiu a necessidade da busca de alternativas e processos inovadores para condução da gestão da prestação dos serviços, com o objetivo de tornar os procedimentos internos mais ágeis e de menor custo e, por conseguinte, mais atraentes para o consumidor.

4.1.1. Processo de priorização da CHESF

A CHESF (Companhia Hidro Elétrica do São Francisco) é uma empresa do setor elétrico, cuja missão é produzir, transmitir e comercializar energia elétrica com qualidade e rentabilidade, contribuindo para o desenvolvimento do Nordeste e do Brasil. Criada desde 1945, ela atende 50 milhões de habitantes, desempenhando papel de grande relevância dentro do setor elétrico brasileiro.

Visando a capacitação tecnológica e, conseqüentemente, a geração de novos processos ou produtos, ou o evidente aprimoramento de suas características, a CHESF gerencia a execução de programas de P&D próprios ou contratados junto a instituições de Pesquisa e Desenvolvimento, por meio de uma estrutura permanente de gestão tecnológica. Dessa forma, a CHESF submete, anualmente, à ANEEL projetos de Pesquisa e Desenvolvimento que estão alinhados aos seus objetivos estratégicos.

Após o recebimento das propostas de projetos e conseqüente processamento internamente à CHESF, aquelas priorizadas são submetidas à avaliação da ANEEL que, ao considerá-las compatíveis com os seus critérios, fornece, por meio de Despacho publicado no

Diário Oficial da União, a aprovação autorizando, conseqüentemente, à Empresa a efetivar as contratações (CHESF, 2005).

Para a CHESF, os projetos de P&D são atividades de natureza criativa, que buscam inovações para fazer frente aos desafios tecnológicos e de mercado das empresas de energia elétrica, empreendidas em base sistemática. As atividades de P&D podem ser agrupadas em três categorias principais:

- Pesquisa Básica Dirigida: desenvolvimento de produtos, processos ou sistemas inovadores.
- Pesquisa Aplicada: desenvolvimento e aprimoramento de processos e sistemas.
- Desenvolvimento Experimental: comprovação ou demonstração da viabilidade técnica ou funcional de novos produtos, processos, sistemas ou serviços para posterior aplicação comercial.

Nesse sentido, atividades associadas ao dia-a-dia das empresas de energia elétrica, consultoras e fabricantes de equipamentos do setor elétrico tais como projeto técnico, avaliações de viabilidade, levantamento de dados, aquisição de sistemas e equipamentos, customização de software e implantação de atividades já desenvolvidas não são consideradas atividades de P&D.

Os pré-projetos são agrupados em uma lista de oito segmentações estratégicas (CHESF, 2005):

- Controle, Supervisão e Proteção (CP)
- Gestão Estratégica (GE)
- Meio Ambiente (MA)
- Eficiência Energética (EE)
- Recursos Humanos (RH)
- Sistemas de Informação (SI)
- Telecomunicações (TL)
- Transmissão – linhas e subestações (TT)

Várias propostas de projetos de Pesquisa e Desenvolvimento a serem realizados na CHESF são enviadas para avaliação pela ANEEL todos os anos. No entanto, em virtude das limitações de recursos e da média de custo de projetos, apenas algumas são aprovadas.

De acordo com o cronograma 2004/2005 da CHESF, as etapas para se determinar um portfólio de projetos de P&D, a ser enviado para avaliação final pela ANEEL, são as seguintes;

1. Prospecção dos pré-projetos internamente a CHESF
 - Submissão de pré-projetos
 - Priorização pelas áreas
 - Defesa e consolidação dos pré-projetos a serem publicados
2. Publicação dos temas na Internet e recebimento de propostas
3. Análise Técnica das Propostas
 - Análise técnica pelas áreas
 - Defesa dos projetos
 - Consolidação dos projetos
4. Consolidação dos projetos no âmbito do CICOP
5. Aprovação pela Diretoria
6. Carga na base de dados da ANEEL

Para os projetos do ciclo 2004/2005 foram utilizados dois critérios para avaliação das propostas: um relacionado à área de gestão e outro atinente à visão de segmentação estratégica. No primeiro, as propostas serão classificadas observando-se aspectos relacionados aos benefícios econômicos, benefícios tecnológicos, benefícios sociais, custo do projeto, viabilidade do projeto, compatibilidade com a ementa publicada do pré-projeto, qualificação da equipe e entidade(s) executora(s).

No aspecto do tópico “Entidade Executora”, com a finalidade de incentivar o intercâmbio entre entidades de pesquisa no Brasil, as propostas apresentadas por entidades do Nordeste e por consórcios de entidades do Nordeste com entidades das demais regiões do país, terão igual ponderação. Aquelas apresentadas unicamente por entidades localizadas fora da região Nordeste receberão menor ponderação.

O segundo critério será aplicado a partir da conclusão do primeiro. Nesta oportunidade, de posse da classificação das propostas e do balanço com os recursos financeiros disponíveis, atuar-se-á na priorização dos segmentos estratégicos.

No ciclo de P&D 2003/2004 foram recebidas 115 propostas, das quais 92 foram avaliadas como válidas de acordo com as prioridades temáticas e os recursos disponíveis no âmbito da CHESF. Já no ciclo de P&D de 2004/2005 foram aprovados 37 novos projetos, sendo 34 prioritários e 3 reservas (CHESF, 2005).

4.1.2. Processo de priorização da CELPE

A Companhia Energética de Pernambuco (CELPE) tem a concessão pública para distribuir energia elétrica em todo o Estado de Pernambuco, na Ilha Fernando de Noronha e no município de Pedra de Fogo no Estado da Paraíba. Com 2 milhões e 200 mil clientes, a Companhia atende 186 municípios. Ela tem o seu suprimento de energia elétrica atendido pela CHESF, Termopernambuco – usina de geração térmica pertencente ao mesmo grupo empresarial da CELPE e geração própria minoritária localizada na ilha Fernando de Noronha (CELPE, 2005).

Em atendimento a legislação que estabelece a obrigatoriedade de investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento pelas concessionárias, a CELPE vem realizando vários projetos nessa área, contribuindo assim para o desenvolvimento tecnológico do setor e do próprio país (CELPE, 2005).

Os projetos a serem incluídos no Programa Anual de P&D da CELPE são aqueles cujas atividades, caracterizadas como P&D, sejam implementadas pela CELPE isoladamente ou em parceria com instituições públicas ou privadas de ensino e/ou de P&D, bem como de fabricantes de materiais e equipamentos para o setor elétrico e de empresas de consultoria. Os recursos para execução dos projetos de P&D provêm de um percentual da receita operacional líquida da empresa e são regulados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (CELPE, 2005).

Os programas de P&D da CELPE são caracterizados como um ciclo de P&D, cuja denominação irá ser atribuída em função o ano previsto para início e finalização da carteira de projeto de P&D correspondente.

Os projetos que constituem a carteira de projetos de P&D da CELPE apresentam um modelo padrão definido pela agência reguladora. Eles são estruturados de acordo com as exigências da ANEEL. São concebidos a partir da junção de uma ou mais áreas da empresa, proponentes do projeto, com um ou mais institutos de pesquisa.

Todo projeto de P&D, no modelo ANEEL, é submetido à área responsável pela gestão do programa de P&D da CELPE. Os projetos de P&D submetidos são analisados e selecionados pela coordenação do P&D da CELPE, para que então possam ser submetidos para avaliação da ANEEL, que indicará a aprovação ou não do programa. Os projetos de P&D aprovados pela agência reguladora terão então a autorização para início de suas execuções (SANTOS, 2004).

Os projetos aprovados constituirão a carteira de projetos de P&D da empresa do ciclo correspondente e requerem um valor de investimento maior ou igual ao mínimo para

aplicação estabelecido pela ANEEL de acordo com a Lei 9.991. À coordenação de P&D da empresa cabe a responsabilidade da seleção, execução, controle e finalização dessa carteira de projetos.

Em virtude da importância estratégica dos programas de P&D para a CELPE, buscou-se construir um modelo de gestão para a carteira de projetos de P&D que aderisse às características dessa empresa e a apoiasse no cumprimento legal frente a ANEEL. Santos (2004) propõe um modelo que tem por objetivo fomentar o desenvolvimento da pesquisa rumo a inovação tecnológica e obter a melhor aplicação dos recursos de P&D, através do acompanhamento e controle executivo dos processos inerentes a gestão da carteira de projetos de P&D. Esse modelo compreende quatro processos: seleção, execução, finalização e internalização.

Em função da temática abordada nesse trabalho, será analisada aqui a etapa de seleção presente no modelo proposto por Santos (2004). O processo de gestão para seleção da carteira de projetos apresenta um ciclo de vida correspondente às fases de concepção, estruturação, análise, priorização de projetos, e avaliação e seleção da carteira de projetos, bem como, adequações e envio do programa de P&D a ANEEL.

Primeiramente é identificada a instituição que participará da execução do projeto, o qual deverá ser estruturado no formulário eletrônico da ANEEL e submetido à área de P&D para compor o banco de projetos de P&D da empresa, através de um canal de comunicação permanente existente entre a coordenação do P&D e a equipe do projeto.

Os critérios técnicos utilizados pela coordenação do P&D para priorização dos projetos, baseados nos critérios adotados pela ANEEL, apresentados anteriormente, são os seguintes:

- Factibilidade do plano de pesquisa: viabilidade de realização do projeto.
- Recursos para execução: avaliação da razoabilidade dos recursos alocados no projeto (material e equipamento, material de consumo, serviços de terceiros, viagens e diárias, outros) frente às necessidades para execução.
- Capacitação do coordenador da equipe: capacidade científica e técnica do coordenador para coordenar o projeto.
- Capacitação da equipe: capacidade científica da equipe para executar o projeto.

Esses critérios serão mensurados em cada um dos projetos, pela coordenação de P&D, visando, através de uma escala cardinal, priorizar os projetos analisados de acordo com os valores atribuídos para cada critério. Para tanto, será utilizada uma pontuação que varia entre

Regular (25 pontos), Bom (50 pontos), Ótimo (75 pontos) e Excelente (100 pontos), tendo cada um desses critérios a mesma importância no cálculo da pontuação final.

A pontuação para o caso de não atendimento a alguns dos critérios (zero pontos) implica na eliminação do projeto, não cabendo mais a continuidade desse projeto no processo de seleção da carteira de projetos de P&D.

A classificação Regular refere-se a projetos com problemas estruturais, de natureza metodológica, composição de equipes, recursos para execução, entre outros, requerendo, necessariamente, que sejam feitas muitas mudanças para que o mesmo possa compor a carteira de projetos da empresa. Com relação aos projetos classificados como Bom, embora não haja problemas estruturais tão graves quanto à classificação anterior, eles requerem ainda muitas adequações para um desenvolvimento satisfatório. A classificação Ótimo expressa que embora o projeto esteja bem estruturado, pequenos ajustes são necessários para que ele possa compor a carteira de projetos da empresa. Por fim, a classificação Excelente indica que o projeto está estruturalmente adequado de forma a permitir o seu satisfatório desenvolvimento, não requerendo, portanto, nenhum tipo de ajuste.

Além da avaliação técnica feita pela coordenação do P&D, os projetos sofrerão uma avaliação estratégica realizada por uma comissão essencialmente constituída para esse propósito. Essa comissão executiva de projetos de P&D da CELPE é composta por um executivo de cada uma das sete superintendências, um representante da presidência e o gerente do programa de P&D da CELPE, totalizando um número de nove participantes.

Na avaliação dos projetos pela comissão, os critérios utilizados devem ter como base os interesses da empresa e serem definidos pelos seus executivos em conjunto com os gerentes de projetos de P&D, conforme são apresentados a seguir:

- Transferência dos resultados: possibilidade de aplicabilidade dos resultados na empresa.
- Retorno do projeto para a empresa: valor monetário investido frente ao retorno empresarial (melhoria de processo, redução de custos etc).
- Benefício do projeto para a sociedade/cliente: melhoria da imagem da empresa, fidelização e conquista de novos clientes.

Através de uma escala cardinal, os critérios também deverão ser mensurados, cabendo a comissão executiva de P&D classificar cada um dos projetos a partir de uma pontuação que varia entre: Regular (25 pontos), Bom (50 pontos), Ótimo (75 pontos) e Excelente (100 pontos), tendo cada um desses critérios a mesma importância no cálculo da pontuação final.

A pontuação para o caso de não atendimento a alguns dos critérios - zero pontos - também implica na eliminação do projeto, não cabendo mais a continuidade desse projeto no processo de seleção da carteira de projetos de P&D.

A definição estabelecida para cada pontuação utilizada na classificação dos critérios para esta etapa será a mesma empregada na etapa de pré-seleção técnica dos projetos. De posse da avaliação dos projetos de P&D em relação aos critérios técnicos e estratégicos, obtém-se a média dessas avaliações, a qual constituirá a pontuação geral dos projetos. Faz-se, então, uma priorização decrescente desses projetos a partir da pontuação obtida, sendo classificados os projetos de maior pontuação até o limite de 120% do montante disponível de recursos para a carteira.

No caso em que haja projetos com a mesma pontuação, serão classificados os projetos melhores pontuados na seguinte ordem dos critérios: factibilidade do plano de pesquisa, recursos para execução, capacitação do coordenador da equipe, capacitação da equipe, transferência dos resultados, retorno do projeto para a empresa e benefício do projeto para a sociedade/cliente.

A Figura 4.3 ilustra as principais etapas de seleção de uma carteira de projetos, descritas anteriormente.

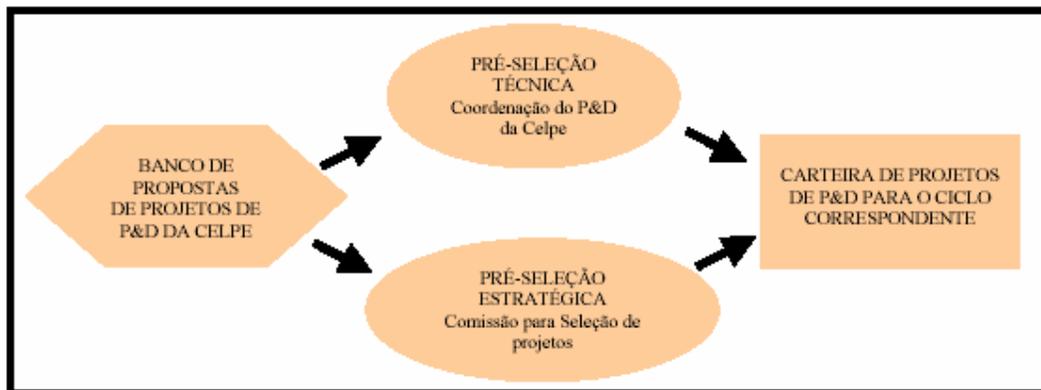


Figura 4.3 – Processo de Seleção de uma Carteira de Projetos

Fonte: Santos (2004)

De acordo com o modelo de Santos (2004), depois de concluído o processo de priorização da carteira de projetos e pré-definido o programa de P&D da empresa, torna-se necessária uma análise da qualidade da carteira de projetos já estruturada, utilizando-se, para tanto, de uma lista de indicadores definidos com base nos critérios para avaliação do programa de P&D da ANEEL, nas necessidades empresarias da CELPE e nos critérios propostos por Krugliankas (1997) *apud* Santos (2004) para seleção de projetos. Vale salientar

que, para cada um desses indicadores, serão apresentados padrões que definem proximidade em relação a determinadas metas.

Os indicadores de qualidade utilizados no processo de seleção para carteira de projetos de P&D, que permitirão avaliar e/ou reestruturar a carteira de projetos de P&D proposta são:

– Alinhamento com os Objetivos Empresariais (AOS): esse indicador tem o objetivo de mensurar o alinhamento dos temas tratados nos projetos com os objetivos empresariais definidos para o período correspondente a execução da carteira. Ele é mensurado dividindo-se o número de projetos que apresentam seus objetivos alinhados aos objetivos empresariais pelo número total de projetos selecionados, multiplicando-se o resultado por 100. O padrão a ser utilizado por esse indicador estabelece como adequada uma faixa entre 80% a 100% de projetos selecionados alinhados com os objetivos empresariais.

– Custo da Carteira (CCS): tem por objetivo mensurar o quanto do recurso do programa está adequadamente distribuído entre os projetos. O indicador Custo da Carteira pode ser calculado dividindo-se o resultado da soma do número de novos projetos com valor inferior a R\$ 400.000,00 mais o número de projetos remanescentes de ciclos anteriores, cujo valor restante para execução seja inferior a R\$ 400.000,00, pelo número total de projetos da carteira, multiplicando-se o resultado por 100. O padrão adotado para esse indicador está compreendido numa faixa que varia entre 80% a 100% dos custos dos projetos da carteira representando um valor de até R\$ 400.000,00. O padrão estabelecido se justifica ao se analisar o volume de recursos da CELPE para aplicação em programas de P&D, frente ao valor de referência, estabelecido pela ANEEL (R\$ 400.000,00) para realização de estudo de viabilidade econômica dos projetos.

– Projetos Plurianuais (PPS): esse indicador visa mensurar a participação de projetos com tempo restante de execução superior a 1 ano, tendo como base o ciclo do programa de P&D em elaboração. Pode ser calculado dividindo-se o número de projetos com tempo restante de execução superior a 1 ano pelo número total de projetos da carteira, multiplicando-se o resultado por 100. Como padrão aceitável para o indicador Projetos Plurianuais é estabelecida uma faixa entre 30% a 60%.

– Diversificação de Áreas (DAS): objetiva mensurar a diversificação da aplicação dos recursos de P&D entre as superintendências da empresa. Esse indicador pode ser calculado dividindo-se o número de superintendências proponentes de projetos no ciclo pelo número total de superintendências, multiplicando-se o resultado por 100. O padrão estabelecido para este indicador é entre 30% e 60%.

– Ativos Empresariais (AES): está relacionado à mensuração de quantos por cento da carteira de projetos são classificados como investimento para a empresa. Ele pode ser calculado, dividindo-se o número total de projetos classificados como investimento pelo número total de projetos, multiplicando-se o resultado por 100. Quanto maior o resultado apresentado por esse indicador, maior então será o número de projetos que estarão contribuindo para o aumento dos ativos da empresa. O padrão a ser utilizado como referência para este indicador é entre 70% a 100%.

Santos (2004) deixa claro que essa lista de indicadores apresentada anteriormente para o processo de seleção para carteira de projetos de P&D não tem o objetivo de exaurir os pontos a serem avaliados nesse processo. O seu principal propósito no modelo de gestão é de avaliação de aspectos considerados fundamentais para a carteira de projetos de P&D da empresa. Assim, esses indicadores para seleção de carteira de projetos de P&D devem ser utilizados como parâmetro para análise da qualidade dos projetos escolhidos, permitindo substituir projetos que apresentem resultados aquém dos padrões estabelecidos para cada um dos indicadores.

Como resultado dessa avaliação, obtêm-se um valor percentual para cada indicador. Esse valor deve estar dentro da faixa padrão estabelecida como adequada para cada indicador, para que a carteira de projetos possa ser enviada para análise pela ANEEL.

Caso algum projeto novo da carteira selecionada apresente resultados indesejáveis em alguns dos indicadores propostos para o processo de seleção da carteira de projetos de P&D, deve-se substituir tal projeto, por um outro subsequente de maior pontuação na avaliação técnica e estratégica realizada no início do processo. Essa simulação para gerar novas carteiras de projetos deverá ser realizada tantas vezes quanto necessária para a obtenção de um programa, que atenda aos padrões estabelecidos nos indicadores. Para o caso em que nenhum programa gerado atenda totalmente aos padrões dos indicadores, deve-se optar pelo programa que apresente projetos com menores violações na seguinte ordem de prioridade dos indicadores: Indicador Alinhamento com os Objetivos Empresariais; Indicador Custo da Carteira; Indicador Ativos Empresariais; Indicador Diversificação de Áreas; Indicador Projetos Plurianuais (SANTOS, 2004).

Depois de concluída esta etapa, deve-se ainda avaliar a necessidade de ajustes em algum dos campos do projeto frente às necessidades de execução e aprovação na ANEEL. Caso sejam detectadas necessidades de ajustes, deve-se imediatamente solicitar as alterações à equipe do projeto, visando atender aos prazos previamente estabelecidos, mas caso não seja

detectada nenhuma necessidade de adequação no projeto, se terá então definido o programa de P&D da empresa a ser encaminhado eletronicamente a ANEEL.

O processo de gestão para seleção da carteira de projetos, por sua vez, estará concluído com o recebimento, pela empresa, do despacho de aprovação do seu programa de P&D pela ANEEL.

4.1.3. Análise crítica dos processos de priorização das empresas

Pelo exposto anteriormente, percebe-se que tanto o processo de priorização de projetos de P&D da CELPE como o da CHESF constituem modelos que visam fazer uma pré-seleção das propostas para se determinar uma carteira de projetos não somente alinhada com os objetivos estratégicos e operacionais da empresa, mas também adequada às exigências e regulamentações estabelecidas pela ANEEL.

Existem, no entanto, diferenças entre os modelos utilizados pelas duas empresas. Essas diferenças são, na realidade, reflexos da própria natureza organizacional da CELPE e da CHESF. Enquanto a CELPE se caracteriza como uma empresa privada pertencente ao grupo Neoenergia, a CHESF é uma empresa pública e que, portanto, não possui muita liberdade para estabelecer um modelo próprio de priorização de projetos de P&D. Essa última empresa tem suas licitações e contratos administrativos pertinentes a obras, serviços, inclusive de publicidade, compras, alienações e locações regulamentadas pela Lei 8666 de 21 de junho de 1993, que institui normas para licitações e contratos da Administração Pública.

A CELPE, por sua vez, utiliza o modelo proposto por Santos (2004), que se adequa às características e particularidades da empresa, procurando atender ao cumprimento legal frente a ANEEL. Esse modelo, como visto anteriormente, avalia as propostas de projetos em relação a critérios técnicos e estratégicos e, baseado em um modelo aditivo que fornece uma pontuação para cada projeto, realiza uma priorização decrescente dos projetos de P&D. Os projetos serão ainda analisados quanto a sua qualidade através de indicadores estabelecidos em função principalmente dos critérios utilizados pela ANEEL na avaliação dos programas de P&D. Após essa análise, a carteira de projetos passa por ajustes finais para ser, então, encaminhada para a ANEEL.

Esse trabalho irá focar na análise do modelo de priorização da CELPE, de forma a propor modificações que visem melhorias no processo de seleção dos projetos de P&D, sem deixar de levar em consideração os objetivos estratégicos.

O modelo de gestão da carteira de projetos de P&D da CELPE resultou em relevantes contribuições para a empresa, apesar de se tratar de um modelo simples. Conforme seu próprio idealizador, esse constitui um modelo básico que pode ser aprimorado. Sugere-se que métodos de apoio multicritério a decisão sejam incorporados ao processo de seleção de projetos de P&D, de forma a tornar essa etapa mais estruturada e consistente com os objetivos organizacionais. Através desse aprimoramento, pode-se fazer uso de uma abordagem com decisão em grupo e pode-se trabalhar com faixas de pesos para os critérios ou mesmo com o uso de uma escala ordinal para a avaliação de cada projeto à luz de cada critério.

Analisando-se as etapas desse modelo, pode-se chegar a várias conclusões que irão orientar a proposição de melhorias. Primeiramente, quando ele utiliza um modelo aditivo para estabelecer uma pontuação para cada projeto, não são consideradas as relações de independência aditiva e em utilidade entre os critérios. A análise da existência de independência em preferência é necessária para se justificar o modelo utilizado para definição da pontuação de cada proposta e deve ser realizada sempre que diferentes projetos estão sendo avaliados.

Após as avaliações dos projetos em relação aos critérios técnicos e estratégicos, é feita uma ordenação decrescente dos projetos e, em função do montante de recursos disponíveis para execução dos projetos, é definido o portfólio. Esse portfólio, todavia, é definido mediante tentativa erro, o que resulta em um processo desestruturado e até mesmo exaustivo e suscetível a erros caso seja considerada uma grande quantidade de projetos. Isso porque a escolha dos projetos, que leva em consideração a pontuação já obtida, é feita de forma a se obter um portfólio que não ultrapasse 120% dos recursos disponibilizados pela empresa.

Seria mais adequado, nesse caso, a definição de uma metodologia analítica com o objetivo não só de estruturar a definição do portfólio de P&D, mas de banir a possível influência do analista de decisão no processo e conseqüentemente agregar as preferências e objetivos reais do decisor. De fato, a forma como a etapa de definição do portfólio do modelo de Santos (2004) é conduzida dá margem a uma forte influência do analista no processo decisório. No entanto, como foi abordado anteriormente, existe uma grande diferença entre o analista e o decisor. O analista é responsável por analisar, auxiliar o facilitador e o decisor na estruturação do problema e identificar os fatores do meio ambiente que podem influenciar na evolução, solução e configuração do problema. A maior parte do trabalho do analista consiste na formulação do problema e em ajudar as pessoas a visualizá-lo. No entanto são as preferências e objetivos do decisor que devem ser incorporadas ao problema, buscando assim

a definição de uma solução satisfatória para o mesmo. Portanto, os decisores são os que realmente devem influenciar o processo decisório de acordo com o juízo de valores que representam e/ou relações que se estabeleceram.

O modelo utilizado, atualmente, na CELPE apresenta ainda outra questão relevante a ser considerada no processo de melhoria da etapa de priorização dos projetos de P&D. Esse modelo não deixa clara a existência de importância relativa entre os critérios. Embora o autor deixe como sugestão para futuros trabalhos a utilização de pesos no processo de decisão, a estrutura analítica empregada sugere implicitamente que os critérios utilizados na avaliação têm a mesma importância relativa, ou seja, os critérios possuem pesos iguais. Dentro desse contexto, no entanto, existe uma particularidade nesse modelo para os casos em que as alternativas obtêm as mesmas pontuações após as avaliações técnica e estratégica. Quando são obtidas pontuações iguais, Santos (2004) sugere que os projetos sejam priorizados de acordo com as melhores pontuações para uma determinada ordenação de preferência dos critérios. Esse fato sugere novamente, que, embora, o modelo busque não exigir do decisor a definição de importâncias relativas para os critérios, tal definição torna-se necessária quando determinados projetos possuírem avaliações semelhantes. Há que analisar também o fato de que o modelo de Santos (2004) define que, embora um projeto obtenha uma boa pontuação nos critérios considerados, ele poderá ser eliminado do portfólio se não obter uma avaliação desejável em relação aos indicadores de qualidade. Conclui-se, assim, que os indicadores de qualidade têm uma importância maior do que os critérios, apesar disso não ficar devidamente explicitado.

Para provar que o modelo de priorização da CELPE trabalha com pesos iguais para os critérios técnicos e estratégicos, a metodologia SMARTS será aplicada utilizando-se as avaliações que foram empregadas na priorização dos projetos por Santos (2004) e pesos iguais para os critérios. O SMARTS foi escolhido para provar tal fato em virtude do mesmo estabelecer um valor para cada projeto através de uma agregação aditiva linear semelhante ao que foi feito no modelo utilizado pela CELPE.

A Tabela 4.2 apresenta as avaliações dos projetos em relação aos critérios técnicos.

Tabela 4.2 – Avaliação dos projetos em relação aos critérios técnicos

Fonte: Autor

	Factibilidade do plano de pesquisa	Recursos para execução	Capacitação do coordenador da equipe	Capacitação da equipe
Projeto 1	75	100	100	75
Projeto 2	75	100	100	75
Projeto 3	100	75	100	75
Projeto 4	100	100	100	75
Projeto 5	100	75	100	100
Projeto 6	100	75	100	100
Projeto 7	100	75	100	100
Projeto 8	100	75	75	75
Projeto 9	100	75	75	75
Projeto 10	100	75	100	100
Projeto 11	100	75	100	100
Projeto 12	100	75	100	100
Projeto 13	100	75	100	100

De posse desses dados, são realizados os 10 passos do SMARTS, atentando para o fato de que os pesos são iguais a 0,25 para cada critério. Obtêm-se, assim, as avaliações finais para cada projeto, as quais são apresentadas na Tabela 4.3:

Tabela 4.3 – Avaliação final dos projetos em relação aos critérios técnicos

Fonte: Autor

Projeto 1	87,5
Projeto 2	87,5
Projeto 3	87,5
Projeto 4	93,75
Projeto 5	93,75
Projeto 6	93,75
Projeto 7	93,75
Projeto 8	81,25
Projeto 9	81,25
Projeto 10	93,75
Projeto 11	93,75
Projeto 12	93,75
Projeto 13	93,75

Da mesma forma procede-se à avaliação estratégica dos processos. As avaliações para os projetos em relação aos critérios estratégicos podem ser visualizadas na Tabela 4.4 e

avaliação final para cada projeto, que define a ordem do mesmo em termos estratégicos, é apresentada na Tabela 4.5.

Tabela 4.4 – Avaliação dos projetos em relação aos critérios estratégicos

Fonte: Autor

	Transfêrência dos resultados	Retorno do projeto para a empresa	Benefício do projeto para a sociedade/cliente
Projeto 1	100	100	75
Projeto 2	75	100	100
Projeto 3	100	100	75
Projeto 4	75	100	100
Projeto 5	75	100	100
Projeto 6	100	100	75
Projeto 7	75	100	100
Projeto 8	75	100	75
Projeto 9	100	100	100
Projeto 10	100	100	75
Projeto 11	100	100	75
Projeto 12	100	100	75
Projeto 13	75	75	75

Tabela 4.5 – Avaliação final dos projetos em relação aos critérios estratégicos

Fonte: Autor

Projeto 1	91,66667
Projeto 2	91,66667
Projeto 3	91,66667
Projeto 4	91,66667
Projeto 5	91,66667
Projeto 6	91,66667
Projeto 7	91,66667
Projeto 8	83,33333
Projeto 9	100
Projeto 10	91,66667
Projeto 11	91,66667
Projeto 12	91,66667
Projeto 13	75

Dessa forma, fica claro que, embora o modelo de Santos (2004) não tenha exigido a atribuição de pesos pelo decisor, ele utilizou iguais importâncias relativas entre os critérios. Com o objetivo de não iludir o decisor a respeito da não exigência de pesos, devem ser

estudadas metodologias multicritério para priorização de projetos de P&D, que não requerem a definição de pesos para os critérios pelo fato de não ser possível atribuí-los ou porque o decisor não quer defini-los.

Partindo-se do princípio de que um modelo de apoio a decisão deve ser de fácil utilização pelo decisor, sem deixar, no entanto, de captar suas preferências, metodologias multicritério como a agregação aditiva com informações imprecisas e o ELECTRE IV, em que não é exigida a definição de pesos para os critérios, podem ser analisadas para serem implementadas. Em problemas que existem múltiplos critérios e que apresentam informações imprecisas relativas aos problemas, tornando-se extremamente difícil a atribuição de pesos, a utilização de tais metodologias tem se mostrado eficaz.

O modelo multicritério de agregação aditiva, proposto por Dias e Clímaco (2000), tem como finalidade trabalhar com informações imparciais ou imprecisas. Tal modelo pode ser implementado por meio do *software* *VIP Analysis* desenvolvido por esses autores.

Dias e Clímaco (2000) afirmam que esta ferramenta tem por objetivo apoiar a avaliação de um conjunto de alternativas de forma a escolher a mais preferida, de acordo com a função aditiva multiatributo de Keeney e Raiffa (1976).

Essa abordagem sugere que as importâncias dos parâmetros, uma vez classificadas como imprecisas ou incompletas, sejam tratadas como variáveis interdependentes sujeitas a restrições impostas pela estrutura de preferências do decisor. O *VIP Analysis* considera uma função de agregação aditiva onde a avaliação das ações ou alternativas é obtida em função dos parâmetros também.

Apesar do VIP apresentar muitas facilidades no processo decisório, como o fato de não serem requeridos pesos, essa metodologia não pode ser empregada para a problemática de ordenação. Torna-se, inviável, dessa forma, sua aplicação para o processo de priorização dos projetos de P&D da CELPE.

O ELECTRE IV, por não requerer pesos para os critérios e por trabalhar com a problemática de ordenação, se apresenta como a melhor alternativa em termos da metodologia a ser empregada no processo de priorização dos projetos de P&D da CELPE.

O objetivo do ELECTRE IV é ordenar as ações sem introduzir qualquer ponderação nos critérios, ou seja, admite-se que não haja informação suficiente ou perfeita a respeito das informações relativas entre os critérios (VINCKE, 1992). É baseado numa família de pseudo-critérios e as relações de sobreclassificação são construídas com base nas preferências dos decisores.

Nesse método são consideradas três relações: Preferência estrita (P), Preferência fraca (Q) e Indiferença (I). Utiliza-se, ainda, um limiar de veto para cada critério, conhecido como limiar de preferência, de tal forma que qualquer credibilidade da sobreclassificação de uma alternativa a sobre uma alternativa b é negada ou refutada se, mesmo sendo todos os outros critérios em favor da sobreclassificação de a sobre b , é verificado que para um critério a avaliação de b é maior ou igual à avaliação de a somada ao limiar de veto. Da mesma forma são definidos limiares de indiferença para os critérios.

De acordo com Roy e Hugonnard (1982), duas relações de sobreclassificação são utilizadas:

– Sobreclassificação forte: segundo essa sobreclassificação, uma alternativa a sobreclassifica fortemente uma alternativa b , se não existe nenhum critério para o qual b é fortemente preferido a a , e se o número de critérios para os quais b é fracamente preferido a a , é no máximo igual ao número de critérios para os quais a é preferido (fortemente ou fracamente) a b .

– Sobreclassificação fraca: uma alternativa a sobreclassifica fracamente uma alternativa b , se não existe nenhum critério para o qual b é fortemente preferido a a , e a segunda condição para a sobreclassificação forte não se verifique, ou se existe um único critério para o qual b é estritamente preferido a a , sob a condição de que a diferença em favor de b não seja maior que o limiar de veto, e que a seja estritamente preferido a b para, no mínimo, a metade dos critérios.

Na exploração das relações de sobreclassificação, determina-se um subconjunto de alternativas que possuem as melhores qualificações de A . A qualificação é, pois definida pelo número de alternativas em que a sobreclassifica menos o número de alternativas que sobreclassificam a .

Após as qualificações serem definidas, procede-se ao processo de destilação descendente e ascendente. A destilação descendente consiste em escolher a alternativa com maior qualificação para ocupar a primeira posição na ordenação dos projetos. A alternativa que ocupará a segunda posição é definida retirando-se do processo a alternativa que ocupa a primeira posição e, em seguida, as qualificações são recalculadas. Após o recálculo, a alternativa que apresentar nesse momento a maior qualificação ocupará, então, a segunda posição. As posições seguintes são encontradas de forma semelhante.

O processo de destilação ascendente, por sua vez, escolhe as alternativas com a menor qualificação para ocupar a última posição na ordenação. Assim como na destilação

descendente, as demais posições são definidas retirando-se do processo as alternativas já posicionadas.

Exclui-se esse conjunto da análise e refaz-se o procedimento com o conjunto das alternativas restantes com um grau menor de qualificação. Tal procedimento é continuado até que fique apenas uma alternativa de A, e, portanto, forme-se uma pré-ordem completa. A segunda pré-ordem é construída por um procedimento similar, sendo ascendente, ou seja, inicia-se pelo conjunto das piores qualificações (ROY e HUGONNARD, 1982; ROY, 1996; VINCKE, 1992).

4.2. Proposição de modelo para priorização de projetos de P&D

Levando em consideração o modelo de priorização de projetos de P&D da CELPE, anteriormente apresentado, e as características inerentes ao setor elétrico, esse trabalho busca desenvolver um modelo de decisão para seleção de portfólio de P&D visando a determinação de uma carteira o mais adequada aos objetivos organizacionais e regulamentações vigentes quanto possível.

Uma forma eficaz, embora complexa e nem sempre viável, de avaliar os projetos de P&D é levando em consideração as interdependências e combinações dos mesmos. Em função dos dados e das particularidades do problema em estudo, todavia, o problema aqui abordado será tratado a partir de uma problemática de ordenação. De fato, o que se deseja é ordenar os projetos, de acordo com certas prioridades, para serem então implementados. Será construído um modelo, baseado na problemática de ordenação, que resulta em uma ordem para os projetos de P&D levando em consideração simultaneamente os critérios técnicos e estratégicos, os indicadores de qualidade e a disponibilidade orçamentária.

O novo modelo para o processo de seleção deve, ainda, permitir a utilização de outros critérios de avaliação, além dos técnicos e estratégicos utilizados pela empresa, de acordo com as necessidade do(s) decisor(es) e com o objetivo de se avaliar cada proposta a partir de uma visão ampla que leve em consideração todas as características pertinentes.

Para construção do modelo, portanto, é necessário inicialmente definir os critério que deverão ser considerados na avaliação das alternativas e o método multicritério que será utilizado para se definir um portfólio satisfatório de projetos de P&D.

O método escolhido para o novo modelo foi o ELECTRE IV, em função da problemática abordada e da não exigência de definição de pesos para os critérios.

A definição dos critérios foi orientada pelos parâmetros de avaliação dos projetos que são considerados pela ANEEL, uma vez que essa agência é quem realiza a avaliação final das propostas de projetos, e pela própria CELPE. Como os critérios utilizados no modelo de Santos (2004) abrangem as necessidades da CELPE e estão de acordo com as exigências da ANEEL, o novo modelo fará uso dos mesmos critérios. No entanto, a avaliação será feita uma única vez, sem diferenciar a avaliação técnica da estratégica e incorporando ainda a avaliação da qualidade dos projetos simultaneamente. Assim, os critérios que serão utilizados na aplicação do ELECTRE IV no processo de priorização do portfólio de P&D são:

- Factibilidade do plano de pesquisa.
- Recursos para execução.
- Capacitação do coordenador da equipe.
- Capacitação da equipe.
- Transferência dos resultados.
- Retorno do projeto para a empresa.
- Benefício do projeto para a sociedade/cliente.
- Alinhamento com os Objetivos Empresariais.
- Custo da Carteira.
- Projetos Plurianuais.
- Diversificação de Áreas.
- Ativos Empresariais.

Com o objetivo de fazer uma comparação do modelo proposto com o modelo atualmente utilizado na CELPE, serão utilizados os mesmos projetos e as mesmas avaliações dos projetos para os critérios.

A tabela apresentada abaixo representa a matriz de avaliação dos doze projetos considerados por Santos (2004) em relação aos critérios. Os critérios utilizados englobam os critérios técnicos, estratégicos e os indicadores de qualidade.

Tabela 4.6 – Tabela de avaliação dos projetos em relação aos critérios

Fonte: Autor

	Factibilidade do plano de pesquisa	Recursos para execução	Capacitação do coordenador da equipe	Capacitação da equipe	Transfêrencia dos resultados	Retorno do projeto para a empresa	Benefício do projeto para a sociedade/cliente	Alinhamento com os Objetivos Empresariais	Custo da Carteira	Projetos Plurianuais	Diversificação de Áreas	Ativos Empresariais
Projeto 1	75	100	100	75	100	100	75	100	100	100	0	0
Projeto 2	75	100	100	75	75	100	100	100	100	100	100	0
Projeto 3	100	75	100	75	100	100	75	100	100	100	100	100
Projeto 4	100	100	100	75	75	100	100	100	100	0	0	0
Projeto 5	100	75	100	100	75	100	100	100	100	100	100	100
Projeto 6	100	75	100	100	100	100	75	100	100	0	100	100
Projeto 7	100	75	100	100	75	100	100	100	100	0	100	100
Projeto 8	100	75	75	75	75	100	75	100	100	0	0	0
Projeto 9	100	75	75	75	100	100	100	100	100	0	100	0
Projeto 10	100	75	100	100	100	100	75	100	100	0	0	0
Projeto 11	100	75	100	100	100	100	75	0	100	0	0	100
Projeto 12	100	75	100	100	100	100	75	0	100	0	0	0
Projeto 13	100	75	100	100	75	75	75	100	100	0	0	100

De acordo com a Tabela 4.6, a escala utilizada no modelo de Santos (2004) para avaliação das alternativas consiste em uma escala cardinal, a qual apresenta apenas cinco pontuações diferentes para se avaliar um projeto. Em função dessa escala de valores adotada na avaliação dos projetos, os limiares de preferência e indiferença para os critérios assumiram valores iguais a 0. Essa escala permite definir que os critérios utilizados nessa avaliação são critérios verdadeiros, e não pseudo-critérios, de forma que não é necessária a definição de limiares que refletem as informações de preferência intra-critérios. Não existe nesse caso uma zona de hesitação.

Dessa forma, de posse das avaliações e dos valores dos limiares, é possível realizar o procedimento do ELECTRE IV para se obter uma ordenação dos doze projetos. Após o estabelecimento das relações de preferência e indiferença entre os projetos e, conseqüentemente, das relações de sobreclassificação, são determinadas as qualificações dos projetos. Os valores das qualificações são apresentados na Tabela 4.7.

Tabela 4.7 – Qualificações dos projetos

Fonte: Autor

	Qualificações
Projeto 1	3

Projeto 2	8
Projeto 3	9
Projeto 4	3
Projeto 5	12
Projeto 6	9
Projeto 7	9
Projeto 8	0
Projeto 9	3
Projeto 10	3
Projeto 11	3
Projeto 12	1
Projeto 13	1

A qualificação de um projeto a é definida pelo número de projetos que são sobreclassificados por a menos o número de projetos que sobreclassificam a . Em função das qualificações são realizados os processo de destilação descendente e ascendente, obtendo-se, assim, duas pré-ordens. Essas duas pré-ordens fornecem uma ordem decrescente das prioridades dos projetos e são apresentadas nas figuras abaixo.

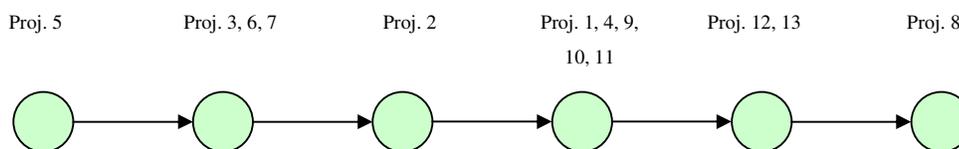


Figura 4.4 – Resultado da destilação descendente
Fonte: Autor

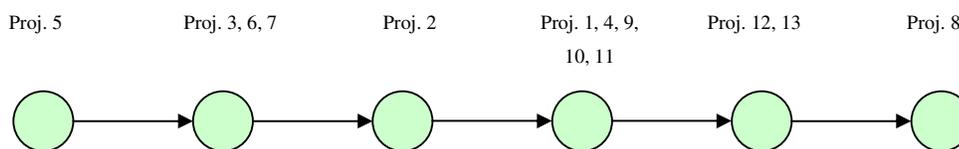


Figura 4.5 – Resultado da destilação ascendente
Fonte: Autor

As destilações são realizadas colocando-se o(s) projeto(s) que obtiveram a maior qualificação na posição de maior prioridade. Retira-se, então, esse(s) projeto(s) do processo e as qualificações são calculadas novamente, procedendo-se a priorização dos projetos de acordo com suas qualificações. Como se pode perceber os dois processos de destilação

apresentam a mesma pré-ordem dos projetos, de forma que a ordenação final dos projetos é apresentada na Figura 4.6.

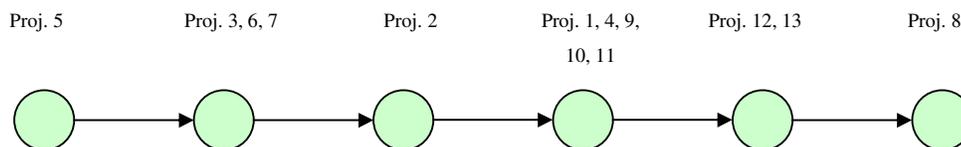


Figura 4.6 – Ordenação parcial final dos projetos

Fonte: Autor

O fato dos dois processos de destilação terem apresentado o mesmo resultado pode ser justificado pela escala utilizada na avaliação dos projetos. O modelo apresentado por Santos (2004), por sua vez, apresentou a seguinte ordem final dos projetos:

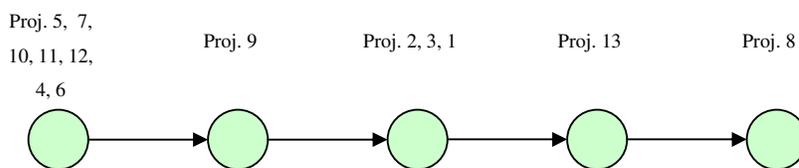


Figura 4.7 – Ordenação dos projetos obtida pelo modelo de Santos (2004)

Fonte: Autor

Comparando-se os resultados obtidos pelo modelo utilizado por Santos (2004) com a ordenação estabelecida através da aplicação do método ELECTRE IV, verifica-se que os dois resultados apresentam o Projeto 5 como o melhor projeto e o Projeto 8 como o pior. Existem diferenças, no entanto, com relação ao fato de que o modelo utilizado na priorização dos projetos de P&D da CELPE considerou mais projetos prioritários além do Projeto 5 e de que há divergências nas posições de preferências ocupadas por alguns projetos. Essas diferenças, todavia, podem ser justificadas levando-se em consideração o fato de que a ordenação obtida pelo modelo de Santos (2004), apresentada aqui, é baseada somente nos critérios técnicos e estratégicos, os indicadores de qualidade nesse modelo servem apenas para confirmar a ordenação estabelecida. Por outro lado, o modelo proposto nesse trabalho utilizou para avaliação dos projetos os critérios técnicos, estratégicos e os indicadores de qualidade simultaneamente, obtendo-se assim resultados um pouco diferentes do que foi proposto anteriormente.

O fato do Projeto 8 ter sido considerado o menos prioritário é altamente plausível, uma vez que analisando a matriz de avaliação observa-se que esse projeto apresenta valores

menores ou iguais do que os valores dos outros projetos para todos os critérios, sendo, então sobreclassificado por todos os outros projetos.

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

5.1. Considerações Finais

Esse trabalho apresentou um modelo multicritério que pode ser utilizado na priorização de portfólio de projetos de P&D. Inicialmente, foram introduzidos os conceitos básicos que norteiam a área de decisão multicritério, buscando-se criar uma base teórica. Esses conceitos apresentados serviram para orientar o desenvolvimento do trabalho.

Foi feita uma revisão dos trabalhos desenvolvidos nessa área, com o objetivo de entender as principais dificuldades e de fazer uma análise crítica dos métodos que já foram utilizados para resolvê-las. A revisão foi conduzida levando-se em consideração portfólios de P&D e portfólios em investimentos. Na área de P&D pôde-se verificar a existência de várias propostas que buscam ordenar os projetos de P&D de acordo com as preferências do decisor. A maioria dos trabalhos nessa área utiliza modelos que avaliam o retorno financeiro dos projetos, através de modelos econômicos e Análise Custo/Benefício. No entanto, modelos que são baseados unicamente no retorno esperado do investimento nos projetos deixam de captar os principais benefícios resultantes que são os benefícios estratégicos. Poucos são os trabalhos que fazem uso da abordagem multicritério. Uma tendência apontada por muitos autores é a construção de um modelo que apresente diferentes metodologias de seleção de portfólio, de forma que o decisor possa escolher aquela que melhor se adeque ao problema em estudo. Tais modelos, embora apresentem grande flexibilidade de solução, requerem que os decisores tenham conhecimento suficiente para diferenciarem as diferentes metodologias que podem ser usadas em função das características do problema e, geralmente, necessitam de grande quantidade de informações. Isso faz com que sejam estudadas modelos de seleção portfólios de P&D, que embora mais simples de serem utilizados, consigam trabalhar com diferentes aspectos inerentes a esse processo decisório. Com relação aos portfólios em investimentos, a maioria dos trabalhos faz uso da metodologia média-variância de Markowitz.

Após se fazer uma análise do que já foi feito na área de seleção de portfólios, é realizada uma análise dos modelos de P&D da CELPE e da CHESF. Os modelos dessas duas empresas foram construídos com objetivo de se definir uma ordem para os projetos que são submetidos aos programas anuais de P&D. No entanto, para ambas as empresas quem define quais projetos farão parte do portfólio é ANEEL. Dessa forma, o objetivo dos modelos criados por essas empresas é fazer uma pré-seleção das propostas de projetos, visando identificar aquelas

que atendem melhor as necessidades da empresa e que estão mais alinhadas com as suas estratégias, além de serem viáveis tecnicamente, e enviarem os projetos que foram pré-selecionados para avaliação final da ANEEL.

O modelo de seleção de portfólio de P&D atualmente utilizado na CELPE foi estudado mais detalhadamente, observando-se vários aspectos que poderiam ser melhorados. Como consequência, em função da problemática e das necessidades específicas da empresa, é proposto um novo modelo que utiliza o método multicritério ELECTRE IV para se obter uma ordenação dos projetos de P&D. Dessa forma, o problema de seleção de portfólios de P&D é tratado aqui como um problema de decisão multicritério, no qual definidos os projetos e os critérios que serão considerados na avaliação, é possível obter uma ordenação inicial das propostas.

Na aplicação do método ELECTRE IV foram considerados os mesmos projetos que foram avaliados no modelo proposto por Santos (2004) para a CELPE. Os critérios também foram os mesmo, com a diferença de que no modelo anterior os indicadores de qualidade eram considerados apenas para confirmar a ordenação obtida com as avaliações em relação aos critérios técnicos e estratégicos e no modelo proposto esses indicadores entram como critérios, sendo as alternativas avaliadas em relação a todos os critérios uma única vez.

A escolha do método ELECTRE IV deveu-se ao fato de que no modelo utilizado na CELPE não foram estabelecidos pesos para os critérios e nesse método é possível definir uma ordenação dos projetos sem que seja necessário o decisor fornecer a importância relativa dos critérios. É necessária apenas a definição de limiares de preferência e indiferença para cada critério. No entanto, no estudo de caso realizado esses limiares tiveram seus valores iguais a 0.

Os resultados obtidos com o modelo proposto se revelaram consistentes. Assim, através desse trabalho foi possível o desenvolvimento de um modelo baseado no método ELECTRE IV que pode ser aplicado na priorização de projetos de P&D. Além de ser de fácil utilização, por não requerer pesos para os critérios, esse modelo não exige muitas informações, são necessários apenas as avaliações dos projetos em relação aos critérios e os limiares de preferência e indiferença.

5.2. Sugestões para Trabalhos Futuros

Esse trabalho não consistiu apenas numa proposição de modelo para priorização de projetos de P&D. Através dele foi possível fazer uma extensa revisão dos trabalhos

desenvolvidos nessa área até a atualidade e, a partir de então, sugerir melhorias para um modelo que já foi proposto anteriormente para o caso específico de uma empresa. Portanto essa pesquisa deu continuidade há vários estudos que vêm sendo feitos. As possibilidades de melhorias, todavia, não se esgotam aqui. O fato de ter sido possível aplicar uma metodologia multicritério nessa área, incorporando a utilização de diferentes critérios na avaliação dos projetos já foi um grande passo. No entanto, novas propostas de melhoria devem ser feitas, buscando sempre construir modelos de fácil utilização e que se adequem cada vez mais as exigências das partes interessadas. Nesse sentido como sugestão para trabalhos futuros, é proposto o seguinte:

- Utilização de diferentes metodologias multicritério, compreendendo, até mesmo, métodos que necessitam da definição de pesos para os critérios, de forma que possam ser feitas comparações entre os resultados obtidos.

- Aplicação do modelo proposto em outras áreas que lidam com o problema de seleção de portfólio de P&D. Apesar do modelo proposto ter sido direcionado para empresas do setor de energia elétrica, não é vetada sua aplicação em outros setores.

- Construção de modelos que levem em consideração a interação entre diferentes projetos na construção de um portfólio de P&D.

- Desenvolvimento de Sistemas de Apoio a Decisão com o objetivo de instrumentalizar o modelo proposto, implicando, assim, em respostas mais rápidas e permitindo uma interação entre o sistema e o decisor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, A.T.; COSTA, A.P.C.S. *Aplicações com Métodos Multicritério de Apoio a Decisão*. Recife, Editora Universitária da UFPE, 2003.
- ALMEIDA, A.T.; MIRANDA, C.M.G; COSTA, A.P.C.S. Multicriteria Model for Priorization of Research and Development Projects. *Journal of Academy of Business and Economics*, v. 4, n. 1, p. 251-256, 2004.
- ALMEIDA, A. T.; COSTA, A.P.C.S.; MIRANDA, C.M.G. *Research and Development Project Selection Based on Multicriteria Decision Analysis*. In: INFORMS 2004 Annual Meeting, 2004, Denver. Proceedings of INFORMS 2004 Annual Meeting.
- ALMEIDA, A.T.; MIRANDA, C.M.G; COSTA, A.P.C.S. Modelo de Priorização Multicritério de Projetos em Pesquisa e Desenvolvimento. In: CLAIO 2002 - The XI Latin-Iberian American Congress of Operations Research, v. 1, p. 1-9, 2002.
- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em: 28 set. 2005.
- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Manual dos Programas de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor Elétrico Brasileiro. Brasília, 2001. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em: 28 set. 2001.
- ARCHER, N. P.; GHASEMZADEH, F.; CASE, R. H. An integrated framework for project portfolio selection. *International Journal of Project Management*, v. 17, n. 4, p. 207-216, 1999.
- BANA e COSTA, C. *Introdução Geral às Abordagens Multicritério de Apoio a Tomada de Decisão*. Investigação Operacional, v. 8, n. 1, p. 117-139, 1988.
- BELTON, V.; STEWART, J. *Multiple Criteria Decision Analysis – an Integrated Approach*. Kluwer Academic Publishers, London, 2002.
- BRANS J. P.; MARESCHAL B.; VINCKE, Ph.. PROMETHEE: A new family of outranking methods in multicriteria analysis, *INFOR* 477-490, 1984.
- BRANS, J. P.; VINCKE, P.H. A preference ranking organization method, the PROMETHEE method for MCDM. *Management Science*, v.31, p. 647-656, 1985.
- BRANS, J. P. e MARESCHAL, B. *Multicriteria Decsion Aid. The Promethee-Gaia Solution*. Vrije Universiteit Brussel. Centrum voor statistiek em operationeel onderzoek. STOOTW/288, nov. 1998.
- BRANS, J. P. e MARESCHAL, B. *PROMÉTHÉE-GAIA – une méthodologied'aide á la décision em présence de critères multiples*. Editions de l'Université de Bruxelles. Bruxelles, Belgique, 2002.
- CELPE. Companhia Energética de Pernambuco. Disponível em: <<http://www.celpe.com.br>>. Acesso em: 29 set. 2005.

- CHESF. Companhia Hidro Elétrica do São Francisco. Disponível em: <<http://www.chesf.gov.br>>. Acesso em: 28 set. 2005.
- CHU, P. Y. V.; HSU, Y. L., P.; FEHLING, M. A decision support system for project portfolio selection. *Computers in Industry*, v. 32, p. 141-149, 1996.
- CICOP. Comitê de Integração Corporativa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico. Disponível em: <<http://www.eletrosul.gov.br/cicop/home/index.php>>. Acesso em: 28 set. 2005.
- COFFIN, M. A.; TAYLOR, B. W. Multiple criteria R&D project selection and scheduling using fuzzy logic. *Computers Ops Res.*, v. 23, n. 3, p. 207-220, 1996.
- COLDRICK, S.; LONGHURST, P.; IVEY, P.; HANNIS, J. An R&D options selection model for investment decisions. *Technovation*, v. 25, p. 185-193, 2005.
- COSTA, A. P. C. S. *Planejamento de Sistemas de Informação e Modelos de Decisão Multicritério para seleção de alternativas*. Recife, 2003. 206p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Pernambuco.
- CRAMA, Y.; SCHYNS, M. Simulated annealing for complex portfolio selection problems. *European Journal of Operational Research*, v. 150, p. 546-571, 2003.
- DIAS, L. C.; CLÍMACO, J. N. Additive Aggregation with Variable Interdependent Parameters: The VIP Analysis Software. *Journal of the Operational Research Society*, v. 51, n. 9, p. 1070-1082, 2000.
- DOERNER, K. F.; GUTJAHR, W. F.; HARTL, R. F.; STRAUSS, C.; STUMMER, C. Pareto ant colony optimization with ILP preprocessing in multiobjective project portfolio selection. *European Journal of Operation Research*, Nov. 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2004.09.009>>. Acesso em: 10 ago. 2005.
- EDWARDS, W.; BARRON, F.H. Smarts and Smarter: Improved Simple Methods for Multi attribute Utility Measurement. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, v. 60, p. 306-325, 1994.
- EILAT, H.; GOLANY, B.; SHTUB, A. Constructing and evaluating balanced portfolios of R&D projects with interactions: A DEA based methodology. *European Journal of Operation Research*, Out. 2005. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2004.12.001>>. Acesso em: 16 ago. 2005.
- FERNÁNDEZ, A.; GÓMEZ, S. Portfolio selection using neural networks. *Computers & Operations Research*, Ago. 2005. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cor.2005.06.017>>. Acesso em: 05 set. 2005.
- GAIWORONSKI, A. A.; KRYLOV, S.; WIJST, N. V. D. Optimal portfolio selection and dynamic benchmark tracking. *European Journal of Operational Research*, v. 163, p. 115-131, 2005.
- GHASEMZADEH, F.; ARCHER, N. P. Project portfolio selection through decision support. *Decision Support Systems*, v. 29, p. 73-88, 2000.

- GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C.F.S. & ALMEIDA, A.T.de. *Tomada de decisão gerencial: o enfoque multicritério*. Ed. Atlas, Rio de Janeiro vol. 1, 2002.
- GREYSERMAN, A.; JONES, D. H.; STRAWDERMAN W. E. Portfolio selection using hierarchical Bayesian analysis and MCMC methods. *Journal of Banking & Finance*, Ago. 2005. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jbankfin.2005.04.008>>. Acesso em: 05 set. 2005.
- KEENEY, R. L. e RAIFFA, H. *Decision with Multiple Objectives: Preferences and Value Trade-offs*. John Wiley & Sons, 1976.
- LIN, C.; HSIEH, P. J. A fuzzy decision support system for strategic portfolio management. *Decision Support Systems*, v. 38, p. 383-398, 2004.
- MACLEAN, L.; ZHAO, Y.; ZIEMBA, W. Dynamic portfolio selection with process control. *Journal of Banking & Finance*, Jun. 2005. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jbankfin.2005.04.002>>. Acesso em: 10 ago. 2005.
- MEADE, L. M.; PRESLEY, A. R&D Project Selection Using the Analytic Network Process. *IEEE Transactions on Engineering Management*, v. 49, n. 1, 2002.
- MIKKOLA, J. H. Portfolio management of R&D projects: implications for innovation management. *Technovation*, v. 21, p. 423-435, 2001.
- OLSON, D. L. *Decision Aids for Election Problems*. Springer, 1996.
- ONG, C. S.; HUANG, J. J.; TZENG, G. H. A novel hybrid model for portfolio selection. *Applied Mathematics and Computation*, v. 169, p. 1195-1210, 2005.
- PARRA, M. A.; TEROL, A. B.; URÍA, M. V. R. A fuzzy goal programming approach to portfólio selection. *European Journal of Operational Research*, v. 133, p. 287-297, 2001.
- REGAN, P. J.; HOLTZMAN, S. R&D Decision Advisor: an interactive approach to normative decision system model construction. *European Journal of Operation Research*, v. 84, p. 116-133, 1995.
- RINGUEST, J. L.; GRAVES, S. B.; CASE, R. H. Mean-Gini analysis in R&D portfolio selection. *European Journal of Operation Research*, v. 154, p. 157-169, 2004.
- ROY, B. *Multicriteria methodology goes decision aiding*. Kluwer Academic Publishers. 1996.
- ROY, B.; HUGONARD, J. C. Ranking of suburban line extension projects on the Paris Metro System by a multicriteria method. *Transportation Research Part A*, v. 16, n. 4, p. 301-312, 1982.
- SAATY, T. L. *Método de Análise Hierárquica*. Macgraw-Hill, 1991.
- SANTOS, W. B. *Modelo de Gestão Executiva do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico da CELPE*. Recife, 2004. 99p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Pernambuco.

- SOYER, R.; TANYERI, K. Bayesian portfolio selection with multi-variate random variance models. *European Journal of Operational Research*, Mar. 2005. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2005.01.012>>. Acesso em: 10 ago. 2005.
- TIAN, Q.; MA, J.; LIU, O. A hybrid knowledge and model system for R&D project selection. *Expert Systems with Applications*, v. 23, n. 3, p. 265-271, 2002.
- TIAN, Q.; MA, J.; LIANG, J.; KWOK, R. C. W.; LIU, O. An organizational decision support system for effective R&D project selection. *Decision Support Systems*, v. 39, p. 403-413, 2005.
- VINCKE, P. *Multicriteria decision-aid*. John Wiley & Sons. 1992.
- ZHANG, W. G.; NIE, Z. K. On admissible efficient portfolio selection policy. *Applied Mathematics and Computation*, Nov. 2005. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.amc.2005.09.085>>. Acesso em: 01 dez. 2005.