



FACULDADE DE ECONOMIA E FINANÇAS IBMEC  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM  
ADMINISTRAÇÃO E ECONOMIA

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO  
PROFISSIONALIZANTE EM ADMINISTRAÇÃO**

**PRIORIZAÇÃO DE PORTIFÓLIO DE  
PROJETOS DE TELECOMUNICAÇÕES  
USANDO PROMÉTHÉE V**

**RICARDO DE CASTRO RESENDE**

**ORIENTADOR: PROF. DR. LUIZ FLAVIO AUTRAN MONTEIRO GOMES**

**Rio de Janeiro, 23 de novembro de 2007**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**PRIORIZAÇÃO DE PORTIFÓLIO DE PROJETOS DE TELECOMUNICAÇÕES DE  
PROJETOS DE TELECOMUNICAÇÕES USANDO PROMÉTHÉE V**

**RICARDO DE CASTRO RESENDE**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado  
Profissionalizante em Administração como  
requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre  
em Administração.

Área de Concentração: Administração Geral

**ORIENTADOR: PROF. DR. LUIZ FLAVIO AUTRAN MONTEIRO GOMES**

Rio de Janeiro, 23 de novembro de 2007.

**PRIORIZAÇÃO DE PORTIFÓLIO DE PROJETOS DE TELECOMUNICAÇÕES DE  
PROJETOS DE TELECOMUNICAÇÕES USANDO PROMÉTHÉE V**

**RICARDO DE CASTRO RESENDE**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado  
Profissionalizante em Administração como  
requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre  
em Administração.  
Área de Concentração: Administração Geral

Avaliação:

BANCA EXAMINADORA:

---

PROF. DR. LUIZ FLAVIO AUTRAN MONTEIRO GOMES (Orientador)  
Instituição: IBMEC-RJ

---

PROF. DR. EDSON JOSE DALTO  
Instituição: IBMEC-RJ

---

PROF. DR. ANTONIO ROBERTO MURY  
Instituição: CASNAV / MARINHA DO BRASIL

Rio de Janeiro, 23 de novembro de 2007.

658.403  
R433

Resende, Ricardo de Castro.

Priorização de portfolio de projetos de telecomunicações usando Prométhée V / Ricardo de Castro Resende. - Rio de Janeiro: Faculdades Ibmecc, 2007.

Dissertação de Mestrado Profissionalizante apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração das Faculdades Ibmecc, como requisito parcial necessário para a obtenção do título de Mestre em Administração.

Área de concentração: Administração geral.

1. Administração - Tomada de decisão. 2. Projetos – Análise. 3. Decisão – Análise multicritério. 4. Telecomunicações.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecer é um ato de reconhecimento sincero da participação de outras pessoas em sua caminhada. Concluir um mestrado é um sonho cultivado desde os tempos de minha formação como engenheiro. A vida profissional, os compromissos pessoais acabaram por adiar essa conquista. Mas meu sonho pessoal sempre foi incentivado pelas pessoas que me cercam, que sempre apoiaram sua concretização. Inicialmente, gostaria de agradecer aos meus filhos Rafael e Noelle invariavelmente “dando força” ao desejo do pai. À minha companheira Marilena, que soube suportar e apoiar com sua compreensão as restrições em nosso tempo de convivência. Aos meus pais, a cuja memória dedico esse trabalho. Ao meu irmão mais velho Gervásio, por seu incentivo e suporte no caminho dos estudos desde a minha infância, bem como seu exemplo pessoal. Ao meu orientador pela atenção, direção correta, incentivo e demonstração clara de que o sonho era possível. Aos professores convidados, pela ajuda, particularmente pelas observações na apresentação do projeto que muito contribuíram na confecção da dissertação. A todos colegas e professores do mestrado, cuja camaradagem no caso dos primeiros e dedicação no caso dos últimos, me remeteram às emoções dos tempos dos bancos escolares. A todos os executivos, gerentes e funcionários da minha empresa que não só participaram das entrevistas e pesquisas como também enfatizaram o potencial do trabalho.

A todos aqueles que ajudaram de alguma forma na concretização nesse importante passo de minha carreira, meus sinceros agradecimentos.

## RESUMO

Nesta dissertação, aplica-se uma metodologia para avaliação de uma carteira de programas e projetos de telecomunicações que permite conjugar a visão de engenharia com questões de natureza não técnica. Dessa forma, o planejamento dos projetos é desenvolvido em um ambiente de maior criatividade para a perspectiva tecnológica. As restrições são impostas posteriormente, buscando-se seu completo atendimento dentro da classificação feita.

Dentre os métodos de apoio à decisão disponíveis, foi escolhido o PROMÉTHÉE V, particularmente adequado às questões do problema em análise, não só porque efetua a classificação inicial, como também possibilita que a seleção obtida seja submetida a uma programação linear para maximizar o resultado frente às restrições. Para computação dos resultados foi usado o *software* Decision Lab na obtenção dos fluxos líquidos do PROMÉTHÉE, sendo a programação linear inteira resolvida pelo *software* LINDO.

**PALAVRAS-CHAVE:** Seleção de projetos, Análise de Decisão Multicritério, PROMÉTHÉE.

## **ABSTRACT**

In this dissertation we apply a methodology for the evaluation of a portfolio of programs and telecommunication projects. This allows us to associate the vision of engineering with issues of non-technical nature. By doing this, the project planning is done in an environment of more creativity for the technological perspective. Later, constraints are imposed, and the method searches for their complete resolution according to the classification done. Among the multicriteria decision analysis methods available, the one chosen was the PROMÉTHÉE V, particularly appropriated for the issues in analysis, because it does the initial classification, and also it enables the resulting selection to be submitted to a linear programming to maximize the result. The software Decision Lab was used to obtain the net flows from PROMÉTHÉE, while the restrictions were solved by a integer linear programming using a software called LINDO.

**KEY WORDS:** Projects Selection, Multicriteria Decision Analysis, PROMÉTHÉE.



<b>SUMÁRIO</b>	<b>Página</b>
<b>1. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA</b>	<b>5</b>
1.1 Introdução	5
1.2 O problema	5
1.3 O cenário atual do processo decisório	7
1.4 O cenário almejado para o processo decisório	9
1.5 O objetivo a ser alcançado	9
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>10</b>
2.1 Critérios para priorização de projetos	10
2.2 A questão da Tomada de Decisão	12
2.3 O papel da Análise de Decisão Multicritério	14
2.4 Conceitos básicos sobre Análise de Decisão Multicritério	14
2.5 Escolas de Pensamento	19
2.6 Comparações CBA e MCDA	21
2.7 Resumo dos Principais Métodos	22
<b>3 METODOLOGIA</b>	<b>39</b>
3.1 A escolha do método	39
3.2 Descrição do PROMÉTHÉE V	40
3.3 Levantamento dos dados	41
3.4 Processamento dos dados	43
<b>4 RESULTADOS</b>	<b>44</b>
4.1 Aplicação piloto	44

<b>4.2 A elaboração do Plano de Investimentos</b>	<b>49</b>
<b>4.3 Critérios e pesos para avaliação das alternativas</b>	<b>51</b>
<b>4.4 Escolha das funções de preferência</b>	<b>55</b>
<b>4.5 Dados para processamento</b>	<b>55</b>
<b>4.6 Processamento dos dados PROMÉTHÉE II – Decision Lab</b>	<b>56</b>
<b>4.7 Análise de sensibilidade PROMÉTHÉE II</b>	<b>58</b>
<b>4.8 Processamento dos dados PROMÉTHÉE V – LINDO</b>	<b>61</b>
<b>4.9 Análise de sensibilidade PROMÉTHÉE V</b>	<b>63</b>
<b>4.10 Conclusões</b>	<b>67</b>
<b>4.11 Recomendações para pesquisas adicionais</b>	<b>69</b>
<b>5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>70</b>
<b>6 ANEXOS</b>	<b>74</b>

## **1. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA**

### **1.1 Introdução**

A decisão sobre a alocação de recursos a um portfólio de projetos pode consumir muito tempo de trabalho envolvendo normalmente a gerência de alto nível da Empresa, para a qual a escassez de tempo é fato notório (KEISLER, 2004). No caso específico de projetos de telecomunicações tal escolha é particularmente difícil em função da relação entre projetos da carteira, fazendo com que a decisão sobre um item tenha influência sobre a escolha de outros. A questão então trata da criação de um processo que facilite a atuação dos agentes envolvidos na decisão, construindo um método que permita conduzir as escolhas de maneira sistêmica, de forma a se obter a priorização do portfólio segundo critérios de entendimento comum.

### **1.2 O Problema**

A Diretoria Executiva de Tecnologia tem como uma de suas principais responsabilidades disponibilizar em quantidade suficiente e prazo adequado as facilidades de *backbone* da Empresa de forma a permitir o atendimento às demandas dos clientes. No que diz respeito ao crescimento da planta instalada, cabe à Diretoria de Engenharia a execução de projetos que visem manter a rede com a capacidade adequada à prestação dos diversos serviços.

A decisão sobre os projetos a serem implementados está inserida em um processo no qual as demandas são fornecidas pelas coordenações de vendas. É então levantada a situação da planta instalada, as expansões já previstas nos projetos em andamento e comparada com as necessidades de demanda. Os dados da área de vendas não são fornecidos no nível de detalhamento mais adequado para avaliação das necessidades de expansão, o que implicaria em abertura dos diversos tráfegos por regiões e principais cidades. Dada a imprecisão inerente do processo, o planejamento da rede assume algumas características para o crescimento de

tráfego, baseado em dados históricos. O resultado desse trabalho é uma lista de projetos com as implantações e expansões a serem realizadas , com as seguintes informações.

- Numeração geral dos projetos.
- Grupo, que mostra os agrupamentos dos projetos.
- Denominação do Projeto.
- Descrição do empreendimento.
- Valor do investimento.

A tabela 1 mostra um exemplo dessa lista, conforme produzida em novembro de 2006. Por questão de confidencialidade, os nomes dos projetos não são identificados claramente e os valores foram alterados.

<b>Num</b>	<b>Grupo</b>	<b>Denominação</b>	<b>Descrição Sucinta do Projeto</b>	<b>Valor R \$</b>
1	Grupo 1	Projeto 1.1	Aumento da Capacidade rede terrestre	21.316.921
2	Grupo 1	Projeto 1.2	<i>Backbone</i> para atendimento internacional	6.500.000
3	Grupo 1	Projeto 1.3	Projeto garantia de SLA	8.700.000
4	Grupo 1	Projeto 1.4	<i>Backbone</i> Satélite	1.000.000
5	Grupo 2	Projeto 2.1	Crescimento Histórico de EIs	65.000.000
6	Grupo 2	Projeto 2.2	Atendimento a Serviços Vip	3.048.230
7	Grupo 2	Projeto 2.3	Atendimento a Serviços Corporativos	57.904.800
8	Grupo 2	Projeto 2.4	<i>Upgrade</i> de SW de centrais	2.500.000
9	Grupo 3	Projeto 3.1	Produção IP	43.870.000
10	Grupo 3	Projeto 3.2	Nova Arquitetura	25.000.000
11	Grupo 3	Projeto 3.3	Gerência	5.000.000
12	Grupo 3	Projeto 3.4	Garantia de Qualidade do Serviço A	20.000.000
13	Grupo 3	Projeto 3.5	Internacional	3.000.000
14	Grupo 4	Projeto 4.1	Rede Estatísticas	31.771.503
15	Grupo 4	Projeto 4.3	Rede FR	3.200.000
16	Grupo 5	Projeto 5.1	Implementação de funções	1.000.000
17	Grupo 5	Projeto 5.2	Melhoria de Sinalização	3.000.000
14	Grupo 5	Projeto 5.3	Projeto de Redes de Mídia	2.100.000
15	Grupo 6	Projeto 6.1	Ampliação da Rede Região 1	27.000.000
15	Grupo 6	Projeto 6.2	Ampliação da Rede Região 3	35.000.000
16	Grupo 7	Projeto 7.1	Nova Plataforma	9.000.000
18	Grupo 7	Projeto 7.2	Atendimento ao Serviço VA	1.675.618
19	Grupo 7	Projeto 7.3	Expansão PSI	640.000
20	Grupo 8	Projeto 8.1	Sobressalentes das Redes.	3.050.000
21	Grupo 8	Projeto 8.2	Integridade Operacional	6.000.000
22	Grupo 9	Projeto 9.1	Universalização	1.000.000

Tabela 1- Novas Iniciativas de Projetos.

Além da lista propriamente dita, são apresentados dados mais detalhados, cujo objetivo é justificar a importância de sua execução. A lista produzida pelas áreas técnicas, em conjunto com os dados citados, é consolidada pela gerência de controle de Capex (*Capital Expenditures*), a qual, no âmbito da Diretoria é responsável pela elaboração do Plano de Investimentos que consolida as solicitações de fundos para os novos projetos.

Tal plano deve ser elaborado de forma a contemplar os seguintes requisitos:

- Otimizar o uso da rede, atendendo a demanda especificada.
- Adequar-se ao limite de investimento determinado pela área financeira da empresa.
- Obtenção da aprovação final do Diretor Executivo.

A questão básica que surge nesse momento é que a quantificação dos pleitos de investimentos leva a um número muito superior ao limite determinado. O objetivo do trabalho da gerência de controle de CAPEX é produzir uma lista de empreendimentos que atenda às necessidades e demandas do planejamento, obedecendo ao teto de investimento estipulado.

### **1.3 O cenário atual do processo decisório**

O cenário atual do processo de decisão mostra uma situação com várias reuniões acontecendo entre os principais atores, quais sejam:

- Administração da rede: responsável pelas informações de medições da planta instalada das diversas redes, tais como seu grau de ocupação e taxa de crescimento do tráfego.
- Planejamento da Rede: encarregado de avaliar a necessidade de crescimento das redes, computando as novas demandas e comparando-as com a disponibilidade das redes. Em sua expressão mais simples, a necessidade de expansão pode ser traduzida pela equação:

$E = D - (C + I)$ , sendo: E: necessidade de expansão; D: demanda prevista; C: facilidades já contratadas e I: facilidades instaladas.

- Áreas Técnicas de Engenharia: responsáveis por quantificar os novos investimentos, definindo as soluções de engenharia a serem dadas para atendimento.
- Controle de Investimentos: sua tarefa é montar um Plano de Investimentos coerente com as necessidades apontadas, sem ultrapassar o limite imposto.

Como já citado anteriormente o valor global das solicitações historicamente ultrapassa em muito o teto permitido. Nessa situação, listas são sucessivamente produzidas, avaliando-se os projetos item a item, praticando-se reduções pontuais. Nesta etapa são eliminadas as iniciativas consideradas menos prioritárias. Não existe nesse cenário uma definição clara dos critérios sob os quais os sucessivos cortes são processados. Os projetos são defendidos por cada área técnica responsável sem a possibilidade de se inserir nitidamente cada projeto em uma categoria que permita comparação entre custos e benefícios dos projetos. Vale mais no caso o poder de convencimento de cada técnico, o qual por precaução pode estar superestimando a necessidade para se defender de um possível futuro corte.

Como resultado das recorrências desse processo, historicamente chega-se a um número final que fica normalmente na faixa de 20% a 30% de excesso.

A partir daí é feita uma redução proporcional em todos itens propostos de forma a se atingir o limite. Uma análise, mesmo que superficial do processo decisório atual, permite apontar as seguintes fragilidades:

- Não existe uma transparência no processo pelo fato de não se conseguir obter o encadeamento das ações que levaram a uma determinada decisão.
- Não se obtém uma clara priorização dos projetos.

- A ação é focada nos itens de mais curto prazo, levando à necessidade de revisões posteriores do orçamento, provocando um desgaste muito grande na equipe, particularmente porque não existe um rastreamento das ações.
- Não é avaliada de forma sistemática a interdependência dos projetos.

#### **1.4 O cenário almejado para o processo decisório**

O cenário desejado pela gerência de controle de investimentos prevê sua atuação como analista em um típico processo de ajuda a decisão. O que se pretende é alcançar uma situação na qual os seguintes objetivos sejam atendidos:

- Definir um conjunto de critérios aceitos pelos participantes do processo, a partir dos quais os programas, projetos ou alternativas serão julgados.
- Estruturar as alternativas em grupos de projetos, para os quais se possam determinar escalas de atendimentos a demanda, em função de valores aprovados ou priorizados.
- Analisar a interdependência dos grupos de projetos, de forma a se poder determinar o grau de atendimento para os grupos de projetos.
- Propor um método multicritério de apoio à decisão segundo o qual serão classificados de forma priorizada as alternativas e grupos de alternativas.

#### **1.5 O objetivo a ser alcançado**

Construção de um Plano de Investimentos contendo todas as alternativas priorizadas, sob a visão de estratégia de engenharia com posterior submissão a outras restrições empresariais, organizando e documentando o processo de forma a se garantir em revisões futuras a recuperação completa do plano original e das decisões tomadas.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Critérios para priorização de projetos.

A questão de priorização de projetos é recorrente na realidade das empresas. Segundo Brache e Bodley-Scott (2006), caso os recursos fossem ilimitados os planejadores poderiam optar por disparar todos os projetos e como numa aposta esperar por aqueles a que o mercado reagiria de forma mais favorável. A escolha de critérios para priorização de projetos está intimamente ligada ao gerenciamento de portfólio. Na visão de Cánez e Garfias (2006), a construção de um portfólio é essencial pois a avaliação dos projetos de forma individual pode levar a problemas de desbalanceamento de resultados no curto prazo e longo prazo. Muito embora o gerenciamento de portfólio seja abordado de diversas formas na literatura, os critérios para classificação dos projetos e sua conseqüente ordenação podem ser abrangidos em duas categorias: quantitativas e híbridas (CÁNEZ e GARFIAS, 2006). É notório identificar na abordagem quantitativa a análise financeira, com seus conhecidos indicadores:

- VPL – valor presente líquido.
- TIR – taxa interna de retorno.
- *Pay back* – período de retorno do capital.

Entretanto, avaliar projetos somente sob a ótica financeira tem se revelado insuficiente por se deixar de considerar outros fatores sejam quantitativos ou qualitativos que podem impactar fortemente o resultado. O artigo de Cánez e Garfias (2006) apresenta propostas de critérios adotados por diversas empresas, conforme tabela 2.

<b>Critérios Propostos por Diferentes Organizações</b>	
Celanese	• Adequação à estratégia do negócio
	• Alavancagem da estratégia
	• Probabilidade de sucesso técnico
	• Probabilidade de sucesso comercial
	• Recompensa para a companhia



<b>Crêterios Propostos por Diferentes Organiza�es</b>	
DuPont	• Alinhamento com a estratégia
	• Valor
	• Vantagem competitiva
	• Atratividade de <i>marketing</i>
	• Adequa�o � cadeia de suprimento existente
	• Tempo até o <i>breakeven</i>
	• Valor Presente Líquido
Exfo Engineering	• Adequa�o � estratégia
	• Potencial de mercado
	• Análise financeira
	• Capacidade interna de pesquisa e desenvolvimento
CENPES Petrobrás	• Análise financeira
	• Aplicabilidade
	• Grau de interesse
	• Probabilidade de sucesso
	• Impacto no meio ambiente
	• Segurança operacional
	• Inova�o
	• Sustentabilidade
Lucent/Bell Laboratories	• Razão benefício/custo
	• Risco (cenários otimista, mais provável e pessimista)
	• Contribui�o para iniciativas estratégicas
	• Impacto nas categorias de <i>marketing</i>
	• Impacto em propriedade intelectual
	• Impacto na Unidade de Negócio
Cooper	• Alinhamento estratégico e importância
	• Produto e vantagem competitiva
	• Atratividade de <i>marketing</i>
	• Alavancagem das competências <i>core</i>
	• Viabilidade técnica
	• Retorno financeiro versus risco

Tabela 2- Proposta de critérios para prioriza o de projetos

Por outro lado, Brache e Bodley-Scott (2006) consideram que os critérios usados para priorizar os projetos normalmente pertencem a uma das categorias a seguir:

- Alinhamento com a estratégia.
- Crescimento de vendas.

- Estabelecimento de uma vantagem competitiva ou eliminação de uma desvantagem competitiva.
- Aumento da satisfação dos clientes.
- Redução de custos.
- Retenção dos empregados e melhoria de sua satisfação.
- Atendimento às exigências regulamentares.

Comparando-se com a tabela dos critérios das empresas, verifica-se que a maioria dos itens está presente, sobrando entretanto pouca atenção para a questão regulamentar e quase nenhuma para a satisfação dos empregados.

## **2.2 A questão da Tomada de Decisão**

Em primeiro lugar, deve-se focar naquilo que se entende como decisão. Trata-se do processo segundo o qual chega-se a uma escolha de pelo menos uma alternativa entre várias candidatas (GOMES, 2007). De acordo com Clemen e Reily (2001), decisões são difíceis por sua natural complexidade, incerteza inerente, objetivos conflitantes e resultados dependentes de diferentes perspectivas. Há que se considerar também a necessidade ou não de processos decisórios formalmente estruturados. O estudo de tomada de decisão compreende diversas camadas de disciplinas intelectuais, a citar: matemática, sociologia, psicologia, economia e ciências políticas apenas para registrar as mais relevantes (BUCHANAN e O'CONNEL, 2006). Muito embora os tomadores de decisão tenham boas razões para confiar em seus instintos e mesmo considerando que sua forma de trabalhar tenha, segundo Mintzberg (1997), mais a ver com criatividade e síntese e portanto se adequando mais a intuição do que a análise, a propalada dicotomia entre instinto e cérebro é em grande escala, falsa. Apesar da mística do instinto, na vida real observa-se que poucos decisores abrem mão de informações valiosas quando podem ter acesso a elas. Na verdade, raramente se consegue tomar decisões

baseado apenas na intuição. O processo de análise de decisão serve como instrumento para ajudar o agente da decisão (CLEMEN e REILY, 2001).

O terceiro ponto relacionado à tomada de decisão trata da questão sobre que tipo de problema merece uma análise metodológica que justifique a relação custo (tempo despendido, complexidade, envolvimento de várias pessoas) com o benefício esperado de se ter um processo mais transparente e que pode inclusive ser usado em situações semelhantes no futuro. Cenários abordando uma amostra de 1.000 casos exemplificam como as decisões são efetivamente tomadas hoje e como deveriam idealmente serem tomadas (KEENEY, 2004).

No primeiro cenário, abordando a atualidade – de 10.000 decisões, apenas 1.000 são merecedoras de análise cuidadosa, sendo somente 40 submetidas a avaliação sistemática. Dessas, 30 são resolvidas por métodos qualitativos, e das 10 restantes um reduzido número de 6 usam os conceitos quantitativos de análise de decisão. No segundo cenário abordando como as decisões serão tomadas no futuro – das mesmas 1.000 merecedoras de análise, 750 serão avaliadas por conceitos consistentes com análise de decisão, 200 resolvidas por análise de decisão de forma parcial e 50 por análise completa de decisão. Acredita-se então que nesse cenário futuro o número de decisões que vão se socorrer de um processo formal e estruturado de análise de decisão irá crescer substancialmente.

O apelo para o uso de análise de decisão reside no fato dessa prática fornecer uma base sólida para se formar melhores agentes de decisão, por conter elementos de entendimento comum a pessoas que decidem tais como objetivos, conseqüências e barganhas, incluindo procedimentos que facilitam a implementação desses conceitos de uma forma lógica transparente e organizada (KEENEY, 2004).

### **2.3 O papel da Análise de Decisão Multicritério**

Discutindo-se sobre o papel destinado a análise de decisão como ferramenta de apoio ao decisor no processo de tomada de decisão, a palavra chave segundo Goodwin e Wrigth (2000) é exatamente análise, no sentido de decomposição de um problema em um conjunto de situações de menor complexidade. Além dessa facilidade, a análise de decisão supre o agente de decisão com ferramentas que dão clareza às premissas e critérios adotados de tal forma que se pode rastrear o motivo pelo qual determinado curso de ação foi tomado.

De forma alguma, pode-se entretanto pensar a análise de decisão como algo que produz resultados por si só. Os três principais mitos associados à análise: fornecer a resposta correta, retirar a responsabilidade de quem decide e eliminar o sofrimento do processo devem ser descartados (BELTON e STEWART, 2002).

Como a subjetividade é inerente ao processo de decisão, particularmente em presença de critérios múltiplos muitas vezes conflitantes, o principal papel da análise é deixar evidente para aqueles envolvidos no processo de decisão o entendimento do problema em questão, com todas as variáveis e atores envolvidos. Adicionalmente, uma boa análise deve focar as controvérsias, descobrindo as diferenças de valores e incertezas, facilitando o debate comprometido e eliminando discussões retóricas (KEENEY e RAIFFA, 1972 ).

### **2.4 Conceitos básicos sobre Análise de Decisão Multicritério**

- **Estruturação do problema**

Em grande parte das aplicações de análise multicritério pouca ênfase é dada à estruturação do problema, indo o foco direto para a tentativa de solução, subestimando o perfeito entendimento do problema. Na realidade, a estruturação do problema quando feita de forma apropriada, constitui-se na fundação sobre a qual irá se apoiar a análise (BELTON e STEWART, 2002).

Várias ferramentas foram desenvolvidas para apoiar a estruturação de problemas, desde as mais simples até as mais elaboradas, envolvendo recursos computacionais. Quaisquer que sejam os métodos usados eles devem considerar cenários onde exista estímulo à geração de idéias e o registro sistematizado das mesmas. Uma singela sessão de *brain storm*, com a presença de um facilitador usando *post-it* pode trazer tão bons resultados quanto uma sofisticada reunião com recursos de multimídia e votação eletrônica. Uma vantagem adicional dos sistemas disponíveis em meios eletrônicos é que eles podem servir como meio de registrar a memória organizacional, servindo com base para uso em aplicações futuras (BELTON e STEWART, 2002).

- **As partes interessadas no processo de decisão ( *Stakeholders* )**

No processo de análise de decisão é preciso considerar os interesses de todos aqueles envolvidos na decisão e nas conseqüências da mesma. Apesar do questionamento de Belton e Stewart (2002), em relação à praticidade de se envolver todos os grupos representativos das partes interessadas no processo de decisão, a recomendação emanada pelo PMI ( *Project Management Institute* ) em seu PMBOK (2004) é que seja realizada uma análise das partes interessadas particularmente no caso em estudo que trata de priorização de portfólio de projetos. O objetivo dessa análise é identificar a influência e os interesses das diversas partes. Tais interesses podem ser afetados de forma negativa ou positiva pela decisão a ser tomada.

- **Identificação de alternativas**

O próximo passo no sentido da estruturação trata da identificação de alternativas, que com suas conseqüentes estratégias e planos de ação constituem-se no foco principal da análise multicritério (BELTON e STEWART, 2002). Os processos ortodoxos de geração de alternativas são baseados em pensamento focado em alternativas, o que pode levar ao empobrecimento na criação de idéias pela natural tendência das pessoas de elegerem rapidamente alternativas consideradas mais viáveis, acabando por tornar a discussão sobre

o universo escolhido recorrente e empobrecida. A proposta de Keeney (1993) de uma quebra de paradigma prevê a criação do conceito pensamento focado no valor, com a construção de um painel de situações a serem pensadas sobre cenários de decisão, possibilitando o surgimento de oportunidades de forma mais criativa.

- **Crítérios a serem usados**

Todos os métodos de análise de decisão multicritério apresentam uma demanda natural por critérios sobre os quais a avaliação será feita (BELTON e STEWART, 2002). Considera-se que os critérios a serem estabelecidos devem satisfazer as seguintes propriedades:

- Relevância de valor, que relata como o critério é ligado aos objetivos.
- Compreensão, que diz respeito ao entendimento comum pelos participantes.
- Mensurabilidade, dada a necessidade de se obter algum tipo de medida de cada alternativa em relação ao critério.
- Não–redundância, não devendo haver outro critério medindo o mesmo fator.
- Independência de julgamento, de forma que o julgamento a respeito de um critério não pode ser dependente do nível de outro critério qualquer.
- Balanceamento entre completude e concisão, que implica que a construção dos critérios deve balancear esses dois objetivos conflitantes, ou seja deve representar as possibilidades de mensuração das alternativas sem elevar o número de critérios a uma situação operacionalmente inviável.
- Operacionalidade, considerando-se que se deve buscar trabalhar em situações onde apenas esforços razoáveis sejam exigidos dos participantes do processo.
- Simplicidade versus complexidade, que na realidade combina as duas últimas propriedades, buscando a melhor relação custo/benefício, onde como custo considera-se a operação envolvida no trabalho com o critério e como benefício o grau de precisão que se obtém na mensuração do mesmo visando o resultado final.

Quanto ao número de critérios a serem avaliados a recomendação é que não se ultrapasse 7 (sete) , em função de estudos de psicometria que demonstraram limitações do cérebro humano para comparar, ao mesmo tempo, mais de sete atributos (GOMES, ARAYA e CARIGNANO, 2004). Tal premissa é exhaustivamente demonstrada por Miller (1956), quando trata da questão do número sete relacionada à capacidade humana de processar informação.

Em última análise, critério é uma ferramenta que permite comparar alternativas de acordo com um ponto de vista particular (ROY, 1985). O sucesso do processo de ajuda à decisão é fortemente dependente da forma de criação da família de critérios. Em uma visão multicritério, há necessidade de serem construídos vários critérios representando diferentes pontos de vista, que servem para os avaliadores expressarem suas preferências, as quais devem ser entendidas como parciais uma vez que se restringem aos aspectos que o critério especificamente aborda. A qualidade na modelagem dos critérios é crucial para a análise, pois é de pouca valia se aplicar procedimentos de agregação sofisticados se os critérios não são arquitetados de forma convincente. O analista deve sempre considerar a necessidade de adesão dos avaliadores aos resultados das comparações que serão deduzidas a partir do modelo. Construir um critério implica que se encontrou um ponto de vista em relação ao qual julga-se adequado estabelecer comparações. Para eficiência no processo, as seguintes diretrizes devem ser observadas (BOUYSSOU, 1990):

- Os pontos de vista subjacentes às definições dos vários critérios devem ser entendidos e aceitos por todos, mesmo que exista discordância sobre a importância relativa dos mesmos. A possibilidade de associação de um ponto de vista a um critério por meio de uma unidade física representa uma grande vantagem para esse entendimento.
- Superada a fase anterior, deve existir um método que permita se chegar a uma avaliação de cada alternativa em relação a cada critério claramente entendido e aceito

por todos os participantes. Esse método deve ser tanto quanto possível desvinculado de qualquer sistema de valor pois isso poderia desacreditá-lo perante os julgadores.

- O nível de qualidade dos dados disponíveis deve ser considerado na construção dos critérios e as comparações advindas das avaliações devem reconhecer os elementos de incerteza e imprecisão que afetam os dados.
- **Modelagem de preferências.**

Os modelos criados para modelagem devem tratar tanto das preferências intra-critérios que medem diferentes níveis de desempenho de cada critério isoladamente, quanto das preferências inter-critérios, que descrevem as comparações de critérios diferentes, com relação a seu grau de importância. As preferências do decisor na comparação de alternativas  $x_1$  e  $x_2$  têm garantia de representação definidas em quatro situações fundamentais e mutuamente excludentes conforme demonstrado na tabela 3 (GOMES, ARAYA e CARIGNANO, 2004).

Tipo	Descrição	Representação	Relação
Indiferença ( I )	Existem razões claras para justificar equivalência entre as alternativas.	$x_1 \approx x_2$ $x_1 I x_2$	Simétrica e Reflexiva
Preferência Estrita (P)	Escolha realiza-se sem nenhuma dúvida em favor de $x_1$	$x_1 \succ x_2$ $x_1 P x_2$	Assimétrica e Irreflexiva
Preferência Fraca ( Q )	Decisor não sabe se prefere $x_1$ a $x_2$ , ou se são indiferentes	$x_1 \succeq x_2$ $x_1 Q x_2$	Assimétrica e Irreflexiva
Incomparabilidade (R ou NC)	Não existem razões para justificar as três situações anteriores		Simétrica e Irreflexiva

Tabela 3 – Preferências do decisor na comparação entre duas alternativas



Como, segundo Gomes, Araya e Carignano (2004) existe uma incerteza inerente na função de avaliação de um dado critério  $g(\cdot)$ , adotam-se limites de tolerância para a transição de situações de preferências, sendo os critérios então chamados pseudocritérios, conforme demonstram as fórmulas a seguir

- Limite de preferência ( $p$ ) :  $aPb \Leftrightarrow g(a) - g(b) > +p$
- Limite de indiferença ( $q$ ) :  $aIb \Leftrightarrow -q \leq g(a) - g(b) \leq +q$
- Preferência fraca :  $aQb \Leftrightarrow q < g(a) - g(b) < p$

- **Tipos de Problema em Análise de Decisão**

Conforme Gomes, Araya e Carignano (2004), constata-se que uma das seguintes problemáticas é sempre tratada, podendo aparecer de forma complementar :

- Problema tipo  $\alpha(P\alpha)$ : selecionar a melhor ou melhores alternativas.
- Problema tipo  $\beta(P\beta)$ : realizar uma classificação das alternativas, aceitando as aparentemente boas e descartando as ruins.
- Problema tipo  $\gamma(P\gamma)$ : gerar uma ordenação das alternativas.
- Problema tipo  $\delta(P\delta)$ : descrever as alternativas.

## 2.5 Escolas de Pensamento

Basicamente duas escolas de pensamento foram desenvolvidas para os métodos relacionados a decisões multiatributos (GELDERMANN e RENTZ, 2000) :

- A escola americana, que pressupõe a condição do decisor de obter uma concepção exata sobre a utilidade dos *scores* de cada alternativa, e dos pesos de cada critério. Os principais métodos da escola americana citados por Gomes, Araya e Carignano (2004) são :
  - Teoria da Utilidade Multiatributo, desenvolvido por Keeney & Raiffa ( 1976 ).
  - Método de Análise Hierárquica, conhecido como AHP (abreviação para Analytic Hierarchy Process ), criado por Thomas L. Saaty (1980).

- A escola francesa, que baseia sua ênfase nas limitações da objetividade do decisor. Desta forma as preferências não são tão aparentes para o decisor, cabendo ao pesquisador construir um modelo para julgamento de valor buscando hipóteses de trabalho para fazer recomendações. Os principais métodos da escola francesa relacionados por Gomes, Araya & Carignano (2004) são:
  - ELECTRE ( **E**limination **E**t **C**hoix **T**raduisant la **R**éalité ), compreendendo todos os métodos da família desde o inicial ELECTRE I proposto por Roy em 1968.
  - PROMÉTHÉE ( **P**reference **R**anking **O**rganization **M**ethod for **E**nrichment **E**valuations ), e todas as suas variantes, cuja referência pioneira é o artigo de Brans em 1984.

Os métodos da escola americana se enquadram na categoria de medida de valor, enquanto aqueles da escola francesa na categoria de métodos de superação.

A existência das duas escolas pode ser explicada pelo fato de não existir um paradigma sobre a correta modelagem de um julgamento de valor do decisor, em vista da enorme complexidade e subjetividade associadas (GELDERMANN e RENTZ, 2000). Diferenças culturais sobre a forma de gerenciamento e estilo de decisão são também razões dadas para o surgimento das duas correntes.

No que diz respeito às bases sobre as quais os métodos se apóiam, as principais diferenças entre as escolas são as seguintes:

- Na escola americana existe o conceito de transitividade, isto é, se **a** melhor que **b** e **b** melhor que **c** , então **a** melhor que **c** como premissa, enquanto na francesa não.
- A escola francesa trabalha com o conceito de incomparabilidade (considera que determinadas alternativas não podem ser comparadas) , enquanto na americana há sempre possibilidade de comparação.

## 2.6 Comparações CBA e MCDA

A análise custo-benefício (*CBA-Cost Benefit Analysis*) tornou-se bastante popular depois da Segunda Guerra Mundial, fundamentada no conceito do bem estar econômico, de tal sorte que os ganhos e as perdas dos membros da sociedade afetados pela decisão pudessem ser traduzidos em valores monetários. Desta forma a idéia de trocas compensatórias é inerente ao conceito de custo-benefício (OMANN, 2000). Segundo Rauschmayer (2003), críticas ao método CBA são feitas por diversas razões, das quais as mais relevantes são:

- Dificuldades para lidar com irreversibilidade e incerteza.
- A monetarização pode não conduzir a uma boa medida de itens não financeiros, especialmente os mais subjetivos.
- Questiona-se a utilidade prática de se aplicar CBA em vários processos de decisão.

Por outro lado, a análise de decisão multicritério (*MCDA- Multicriteria Decision Analysis*) tem experimentado um expressivo avanço como ferramenta de apoio à solução de problemas complexos. No caso presente, a adoção de MCDA é preferível porque o objetivo é alcançar uma proposta que reflita as preocupações de um conjunto bem definido de pessoas responsáveis pela proposição de projetos de engenharia. Mais do que expressar valores puramente monetários, a proposta deve traduzir a estratégia de tecnologia do portfólio de serviços, estando sintonizada com as vantagens enumeradas pela literatura para o método MCDA (DIAKOULAI e GRAFAKOS, 2004).

- MCDA envolve diretamente os interessados, desvendando suas preferências e valores.
- MCDA age como um processo interativo, permitindo o raciocínio sobre conflitos oriundos de outros pontos de vista e argumentos contrários.
- MCDA tem uma característica multidisciplinar, de tal forma que um participante pode se dar conta de perspectivas e informações além de seu campo de conhecimento próprio.
- MCDA pode considerar uma gama de critérios quantitativos e qualitativos.

## 2.7 Resumo dos Principais Métodos

### AHP ( Analytic Hierarchy Process )

Esse método é baseado na análise hierárquica dos dados, desenvolvido na década de 1970 por Thomas L. Saaty, professor da University of Pennsylvania, sendo um dos primeiros métodos para tomada de decisão multicritério, considerando critérios quantitativos e qualitativos.

A essência do método é a criação de uma escala hierárquica dos objetivos, ficando as alternativas no nível hierárquico mais baixo (GOMES, 2007). A partir daí são feitas comparações para a par entre os vários elementos da hierarquia até se alcançar uma medida para cada alternativa. As comparações são feitas usando-se a escala denominada por Saaty de fundamental. Trata-se de uma escala que varia de 1 a 9, conforme a tabela 4, sendo as leituras interpretadas como a contribuição que os dois elementos em comparação dão ao objetivo ou critério imediatamente acima, variando de 1 até 9, com os números 2, 4, 6, 8 representando graus de importância intermediários, e o símbolo > indicando o sentido crescente.

Escala	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Importância	Igual	>	Pequena	>	Grande	>	Muito grande	>	Absoluta

Tabela 4 – Escala fundamental de Saaty

### MAUT ( Multiattribute Utility Theory)

Gomes (2007) descreve o pressuposto básico da MAUT como a existência de uma função de utilidade específica de cada um dos atributos das alternativas. Belton e Stewart (2002) esclarecem que as funções de valor podem ser expressas pela fórmula a seguir.

$$V(a) = \sum_{i=1}^m w_i v_i(a)$$

na qual  $V(a)$  é o valor que se deseja obter para uma alternativa  $a$ ,  $v_i(a)$  é um valor específico de  $a$  para um critério  $i$ ,  $i$  variando de 1 a  $m$ , e  $w_i$  é o peso dado para o critério  $i$ . O método

requer então que o decisor avalie as grandezas relativas de preferência, seja através de quantificação direta ou por meio de escalas que representem dados qualitativos.

É fundamental para que se possa usar uma função utilidade aditiva que os atributos satisfaçam a condição de independência, ou seja, que o nível de desempenho de um atributo não dependa da variação de qualquer outro atributo.

## **ELECTRE**

Os métodos da família ELECTRE, desenvolvidos por Roy e associados, pertencem à categoria de superação, que focam em comparação de pares de alternativas e se prestam geralmente a soluções de problemas discretos. Conforme Belton e Stewart (2002), o ponto de partida é a construção de uma matriz relacionando nas linhas as alternativas e nas colunas os critérios. A matriz descreve como as alternativas são avaliadas perante os critérios. Além disso, há que se considerar os pesos entre critérios.

Os métodos ELECTRE são baseados na avaliação de dois índices:

- O índice de concordância  $C(a, b)$  que mede a força que suporta a evidência na informação disponível de que a alternativa  $a$  é pelo menos tão boa quanto a alternativa  $b$ .
- O índice de discordância  $D(a, b)$  que mede a evidência contra a hipótese anterior.

Tais valores são determinados para cada par de alternativas  $g(a)$  e  $g(b)$ , com os fatores  $K$ , sendo  $q$  o limite de indiferença (GOMES, ARAYA e CARIGNANO, 2004).

- $K^+(a, b)$  = soma dos pesos dos critérios em que  $g(a) > g(b) + q$
- $K^-(a, b)$  = soma dos pesos dos critérios em que  $-q \leq g(a) - g(b) \leq +q$
- $K^-(a, b)$  = soma dos pesos dos critérios em que  $g(a) < g(b) - q$

Então

$$C(a, b) = ((K^+(a, b) + K^-(a, b)) / (K^+(a, b) + K^-(a, b) + K^-(a, b)))$$

Pela fórmula, observa-se que o valor da concordância varia entre zero e 1. O valor da discordância  $D(a, b)$ , também se situa na mesma faixa e pode ser calculada pelo modo

absoluto, onde  $D(a,b)$  é a diferença máxima entre  $g(b)$  e  $g(a)$  para o critério  $i$ ,  $i = 1, \dots, n$ , dividida pelo intervalo da escala do critério  $i$ , ou relativo, onde  $D(a, b) = \max.\{0, (g_i(b) - g_i(a)) / g_i(a)\}$  para  $i = 1, \dots, n$ .

A relação de superação  $aSb$  é estabelecida a partir da criação de um limite de concordância  $c$  (relativamente grande) e de um limite de discordância  $d$  (relativamente pequeno) como na fórmula a seguir:

$$aSb \text{ se, e somente se } \begin{cases} C(a, b) \geq c \\ D(a, b) \leq d \end{cases}$$

Adicionalmente, segundo Gomes, Araya e Carignano (2004) é definido um limite de veto, que fixa um valor para a diferença  $g_j(b) - g_j(a)$  em relação ao critério  $j$ , para o qual, em sendo ultrapassado não se aceita mais a afirmação  $aSb$ . A partir daí é possível generalizar as etapas dos métodos ELECTRE, quais sejam:

- Obtenção das avaliações das alternativas versus os critérios.
- Construção das relações de superação.
- Exploração das relações de superação, selecionando as alternativas dominantes segundo os objetivos dos diversos métodos ELECTRE, mostrando ainda os critérios usados e a existência ou não de pesos, conforme a tabela 5.

<b>Electre</b>	<b>Autor</b>	<b>Ano</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Critério</b>	<b>Pesos</b>
I	Roy	1968	Seleção	Simples	Sim
II	Roy e Bertier	1973	Ordenação	Simples	Sim
III	Roy	1978	Ordenação	Pseudo	Sim
IV	Roy e Hugonard	1982	Ordenação	Pseudo	Não
IS	Roy e Skalka	1985	Seleção	Pseudo	Sim
TRI	Yu Wei	1992	Classificação	Pseudo	Sim

Tabela 5 – Os métodos ELECTRE

## PROMÉTHÉE

Segundo Brans, Vincke e Mareschal (1986) os métodos PROMÉTHÉE, destinam-se a resolver todos problemas multicritério do tipo:

$$\text{Max } \{ f_1(x), f_2(x), \dots, f_j(x), \dots, f_k(x) \mid x \in A \}$$

Sendo

A – conjunto finito enumerado de  $n$  alternativas potenciais;

$f_j(\cdot)$ , para  $j$  variando de 1 até  $k$ ,  $k$  critérios que são aplicações de  $A$  sobre o conjunto dos números reais. Cada critério pode ter suas unidades próprias e o caso geral considera a possibilidade de critérios a minimizar e critérios a maximizar, no sentido do que se entende como otimização.

Os dados básicos de problemas desse tipo são apresentados como na tabela 6, a qual compreende  $n \times k$  avaliações.

	$f_1(\cdot)$	$f_2(\cdot)$	.....	$f_j(\cdot)$	.....	$f_k(\cdot)$
$a_1$	$f_1(a_1)$	$f_2(a_1)$	.....	$f_j(a_1)$	.....	$f_k(a_1)$
$a_2$	$f_1(a_2)$	$f_2(a_2)$	.....	$f_j(a_2)$	.....	$f_k(a_2)$
.....	.....	.....	.....		.....	
$a_i$	$f_1(a_i)$	$f_2(a_i)$	.....	$f_j(a_i)$	.....	$f_k(a_i)$
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
$a_n$	$f_1(a_n)$	$f_2(a_n)$	.....	$f_j(a_n)$	.....	$f_k(a_n)$

Tabela 6 – Avaliação de  $n$  alternativas para  $k$  critérios

- No tratamento de um problema real, a construção de uma tabela como essa representa uma parte muito importante do trabalho de análise. É necessário para se chegar a esse estágio que já estejam determinadas as ações potenciais (alternativas), os critérios de avaliação e as avaliações dessas ações sob a ótica desses critérios. Muito embora se deva frisar a relevância do trabalho de construção da tabela, nesse estágio ainda não se torna evidente qual a decisão a ser tomada. Em geral, numa situação desse tipo, não se consegue

deduzir uma alternativa que seja ótima para todos os critérios considerados. Trata-se de um problema que não é bem formulado do ponto de vista matemático, mas que faz sentido para o decisor no contexto da realidade econômica. Os métodos PROMÉTHÉE têm por objetivo ajudar o decisor na problemática abordada, baseando-se nas seguintes etapas (BRANS e MARESCHAL, 2002):

- Enriquecimento da estrutura de preferência, utilizando-se da noção de critérios generalizados, definidos a partir de uma função de preferência, que se encarrega de como computar a amplitude dos desvios entre as avaliações feitas sob cada critério. É essencial que tal etapa seja compreendida de maneira clara pelo decisor, considerando-se que todos os parâmetros definidos têm um significado econômico ou físico. A maneira como as funções de preferências são montadas permite eliminar todos os efeitos de escalas diferentes ligadas a cada critério. São propostos seis tipos de critérios generalizados. Embora até agora nas aplicações feitas tais critérios venham atendendo todas as questões do mundo real, não existem objeções de se considerar outros tipos.
- Enriquecimento da relação de dominância, onde se busca encontrar uma relação de superação que leva em conta o conjunto dos critérios propostos. Para cada par de alternativas, um grau geral de preferência de uma sobre outra é estabelecido.
- Ajuda à decisão, sendo a relação de superação analisada com o objetivo de esclarecer o decisor. São descritos os seguintes métodos na literatura (MORAIS e ALMEIDA, 2006)
  - PROMÉTHÉE I: pré-ordem parcial, problemática de escolha.
  - PROMÉTHÉE II: pré-ordem completa, problemática de ordenação.
  - PROMÉTHÉE III: pré-ordem completa, com amplificação da noção de indiferença.
  - PROMÉTHÉE IV: pré-ordem completa ou parcial, conjunto contínuo de soluções.
  - PROMÉTHÉE V: pré-ordem completa, com restrições de segmentos.
  - PROMÉTHÉE VI: pré-ordem completa ou parcial, graus de dificuldades em pesos.



- Funções de preferências e critérios generalizados

Se considerarmos um critério particular qualquer  $j$ , é fato que as ações entre dois pares quaisquer  $a$  e  $b$  podem ser enquadradas com uma relação de dominância natural (I, P), I significando indiferença e P significando preferência, como a seguir:

$$\forall a, b \in A : \begin{cases} f_j(a) > f_j(b) \Leftrightarrow a P_j b \\ f_j(a) = f_j(b) \Leftrightarrow a I_j b \end{cases}$$

Considerando-se  $d_j(a, b) = f_j(a) - f_j(b)$  a relação de dominância pode ser considerada muito pobre e até errônea para o decisor, uma vez que ela só se ocupa do sinal positivo ou negativo, não levando em conta sua amplitude. Para dar mais consistência à relação de dominância, cria-se uma função  $P_j$ , cujo objetivo é determinar o grau de preferência de da ação  $a$  em relação a ação  $b$  em função de  $d_j(a, b)$ :

$$P_j(a, b) = P_j [ d_j(a, b) ]$$

Partindo-se das seguintes premissas:

- Grau de preferência normalizado tal que:  $0 \leq P_j(a, b) \leq 1$
- Preferências definidas como:

$$P_j(a, b) = 0 \quad \text{se} \quad d_j(a, b) \leq 0 \quad \rightarrow \quad (\text{sem preferência})$$

$$P_j(a, b) \approx 0 \quad \text{se} \quad d_j(a, b) > 0 \quad \rightarrow \quad (\text{preferência fraca})$$

$$P_j(a, b) \approx 1 \quad \text{se} \quad d_j(a, b) \gg 0 \quad \rightarrow \quad (\text{preferência forte})$$

$$P_j(a, b) = 1 \quad \text{se} \quad d_j(a, b) \gg \gg 0 \quad \rightarrow \quad (\text{preferência estrita})$$

Pode-se representar  $P_j(a, b)$  como uma função decrescente que se anula para  $d_j(a, b) = 0$ , como na figura 1.

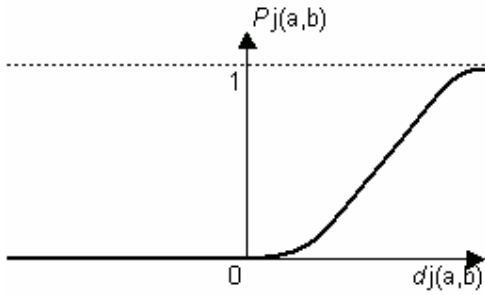


Figura 1 – Função de preferência  $P_j ( .. )$

Os graus de preferências são números reais absolutos. A dupla  $\{ f_j ( . ) , P_j ( .. ) \}$  é denominada critério generalizado. Trata-se de um critério de avaliação efetuado para sua função de preferência.

Observa-se que quando  $d_j ( a , b ) \leq 0$ ,  $P_j ( a , b ) = 0$ , não significando que  $P_j ( b , a )$  não possa ser positivo. A função  $H_j ( d_j )$  mostrada na figura 2 cobre com mais clareza as zonas de indiferença e preferência fraca.

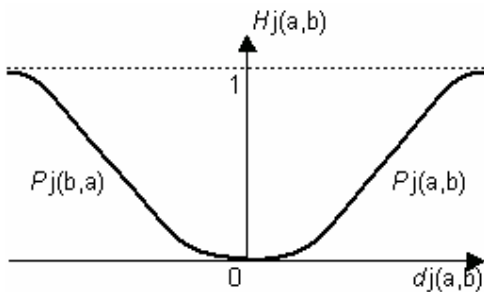


Figura 2 – Função de preferência  $H_j ( .. )$

A função é tal que:

$$H_j ( d_j ) = \begin{cases} P_j ( a , b ) & \text{se } d_j ( a , b ) \geq 0 \\ P_j ( b , a ) & \text{se } d_j ( a , b ) \leq 0 \end{cases}$$

Um critério generalizado é dessa forma determinado para a dupla  $\{ f_j ( . ) , H_j ( .. ) \}$

A figura 3 apresenta um resumo dos seis critérios generalizados, contendo para cada tipo sua representação gráfica, formulação matemática e a descrição de como é exercida a preferência

Tipo	Representação gráfica	Fórmula	Descrição da preferência do decisor
I Usual		$H_j(d_j) = \begin{cases} 0 & d_j = 0 \\ 1 & d_j \neq 0 \end{cases}$	Não há indiferença entre a e b a menos que $f_i(a) = f_i(b)$ . Desde que haja uma diferença existe uma preferência estrita pela ação cuja avaliação é mais elevada. No critério do tipo I, o decisor não fixa nenhum parâmetro.
II Quase - crítico		$H_j(d_j) = \begin{cases} 0 &  d_j  \leq q_j \\ 1 &  d_j  > q_j \end{cases}$	As ações são indiferentes desde que o desvio não ultrapasse o limite de indiferença $q_j$ . A partir daí registra-se uma preferência estrita pela ação de maior valor absoluto.
III Linear		$H_j(d_j) = \begin{cases} \frac{ d_j }{p_j} &  d_j  \leq p_j \\ 1 &  d_j  > p_j \end{cases}$	Esse critério permite que o decisor admita que sua preferência por uma ação vá crescendo linearmente até um limite $p_j$ , a partir do qual a preferência é estrita. Normalmente o parâmetro $p_j$ é estabelecido de cima para baixo.
IV Estágios		$H_j(d_j) = \begin{cases} 0 & \text{se }  d_j  \leq q_j \\ \frac{1}{2} & \text{se } q_j <  d_j  \leq p_j \\ 1 & \text{se }  d_j  > p_j \end{cases}$	Nesse critério, enquanto a diferença não ultrapassa $q_j$ , a e b são indiferentes. Entre $q_j$ e $p_j$ , o grau de preferência é fraco (1/2). A partir de $p_j$ a preferência é estrita. Muito usado para caracterizar as avaliações qualitativas.
V Linear / indiferença		$H_j(d_j) = \begin{cases} 0 & \text{se }  d_j  \leq q_j \\ \frac{ d_j  - q_j}{p_j - q_j} & \text{se } q_j <  d_j  \leq p_j \\ 1 & \text{se }  d_j  > p_j \end{cases}$	Nesse critério, enquanto a diferença não ultrapassa $q_j$ , a e b são indiferentes. Além desse limite, o grau de preferência cresce linearmente com $d_j$ , até atingir $p_j$ onde uma preferência estrita se estabelece.
VI Gaussiano		$H_j(d_j) = 1 - e^{-\frac{d_j^2}{2s_j^2}}$	Nesse critério, o grau de preferência cresce de forma contínua com $d_j$ . Somente o parâmetro $s_j$ é fixado.

Figura 3 – Critérios generalizados. Fonte: (Brans e Mareschal, 2002),

O critério generalizado desempenha um papel muito importante, pois ele permite ao decisor atenuar ou amplificar o efeito do critério sobre o processo de decisão. A escolha das funções de preferência devem ser entendidas como um grau de liberdade do agente de decisão em relação a valoração das diversas alternativas em relação a um determinado critério. Entretanto

conforme Brans e Mareschal (2002), tal flexibilidade é muitas vezes percebida mais como uma dificuldade, o que leva os analistas a optarem por métodos mais rígidos. Assim, é importante que sejam estabelecidas linhas diretrizes para utilização dos critérios. Necessário frisar que o decisor dispõe de graus de liberdade com relação ao tipo de critério a ser usado e aos limites de indiferença e preferência estrita. Como característica do método PROMÉTHÉE, as preferências devem ser atribuídas aos desvios entre as avaliações e não aos valores absolutos das mesmas.

O tipo I deve ser escolhido em situações radicais nas quais um mínimo desvio justifica a preferência estrita. Os tipos II e IV são particularmente adequados para casos de dados qualitativos em uma escala discreta. No caso de avaliações de números reais sobre uma escala contínua com ou sem zona de indiferença o tipo V ou III deve ser selecionado. O tipo VI é preferido quando o decisor considera um grau de preferência positiva para desvios fracos, crescendo tal grau à medida que o desvio se torna maior. Os limites de indiferença  $q$  e o de preferência estrita  $p$ , definido o critério passam a ter um claro significado para o decisor que pode fixar sua tolerância em relação aos desvios. A tabela 7 apresenta exemplos característicos de aplicações das funções de preferência (HERMAN, 2007).

Tipo do Critério	Aplicação
I	Ecologia, impactos dramáticos
II	Recursos discretos, estimados de forma imprecisa.
III	Critérios operacionais
IV	Financeiro de longo prazo; custos de manutenção e de ciclo de vida
V	Financeiro de curto prazo; custos de aquisição e de construção
VI	Segurança, qualidade e estética.

Tabela 7 – Critérios generalizados: escolha das funções de preferência

Definidas as funções, pode ser obtida uma tabela de avaliação de todas as alternativas com os dados:

$$\forall j, \forall a, b \in A: f_j(a), f_j(b) \rightarrow \{ f_j(a), f_j(b), P_j(a, b) \}$$

Considerando  $w_j > 0, j=1,2,3,\dots,k$  os pesos representando a importância relativa entre critérios, chega-se a fórmula :

$$\pi(a, b) = \frac{\sum_{j=1}^k P_j(a, b) \times w_j}{\sum_{j=1}^k w_j}$$

O estabelecimento dos pesos  $w_j$  é de grande relevância. Sugere-se que o decisor adote, como ponto de partida, um método de vetor próprio de comparações par a par como no método AHP, ou na ausência de prioridades claramente definidas, uma distribuição equitativa e progressivamente ir fixando os pesos por meio de uma análise de sensibilidade. Os métodos PROMÉTHÉE apresentam essa característica interativa, e a análise visual do GAIA igualmente desempenha um papel importante nesse requisito.

Criada a função  $\pi(a, b)$ , o objetivo do método é estabelecer uma avaliação de relações de superações, conforme exemplifica a figura 4 para quatro alternativas quaisquer.

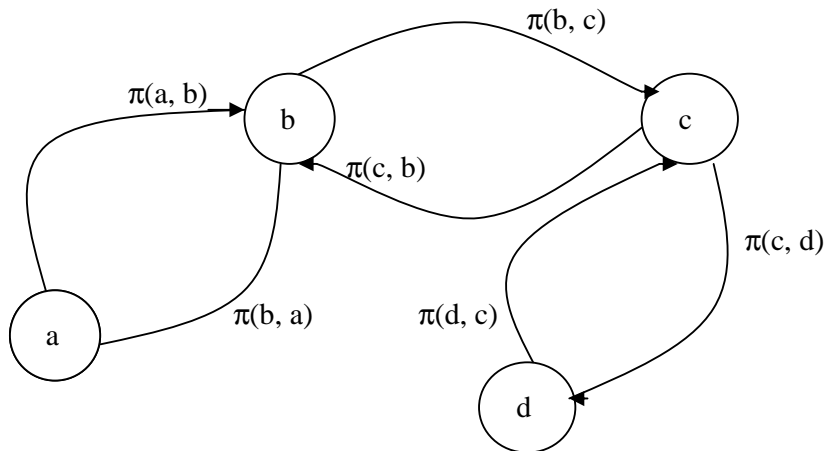


Figura 4 – Relações de superação entre quatro alternativas – exemplo

O método define três fluxos de superação:

- Fluxo de saída

$$\phi^+(a) = \sum_{x \in A} \frac{\pi(a, x)}{(n-1)}, \text{ onde } a \text{ supera as } n-1 \text{ ações: representa a força de } a$$

- Fluxo de entrada

$$\phi^-(a) = \sum_{x \in A} \frac{\pi(x, a)}{(n-1)}, \text{ onde } a \text{ é superada pelas } n-1 \text{ ações: representa a fraqueza de } a$$

- Fluxo líquido

$\phi(a) = \phi^+(a) - \phi^-(a)$ , que exprime o balanço do fluxo de entrada e de saída da ação  $a$

O método PROMÉTHÉE I trabalha com os fluxos de entrada e saída. Os demais se utilizam do fluxo líquido.

### O Plano GAIA

O plano GAIA (*Geometrical Analysis for Interactive Assistance*) é um método por meio do qual é possível descrever e visualizar interativamente os dados dos métodos PROMÉTHÉE, de tal forma que completa de forma harmoniosa a análise dos resultados obtidos (BRANS e MARESCHAL, 2002). A partir das fórmulas dos fluxos de entrada, de saída e líquidos pode-se obter a expressão para os fluxos líquidos uni critérios, conforme a seguir:

$$\phi(a) = \sum_{j=1}^k \phi_j(a) \cdot w_j \quad \text{que determinam a matriz } \Phi$$

$$\Phi = \begin{array}{c} \left| \begin{array}{cccccc} \phi_1(a_1) & \phi_2(a_1) & \dots & \phi_j(a_1) & \dots & \phi_k(a_1) \\ \phi_1(a_2) & \phi_2(a_2) & \dots & \phi_j(a_2) & \dots & \phi_k(a_2) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \phi_1(a_i) & \phi_2(a_i) & \dots & \phi_j(a_i) & \dots & \phi_k(a_i) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \phi_1(a_n) & \phi_2(a_n) & \dots & \phi_j(a_n) & \dots & \phi_k(a_n) \end{array} \right| \end{array}$$

A informação relativa a um problema de decisão incluindo  $k$  critérios pode ser representada em um espaço  $k$ -dimensional (BRANS e MARESCHAL, 2002). No plano GAIA são projetados pontos que representam:

- Ações  $\alpha_i$  ( $\phi_1(a_i), \phi_2(a_i), \dots, \phi_j(a_i), \dots, \phi_k(a_i)$ ) como  $A_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ )
- Critérios  $e_j$  ( $j=1, 2, \dots, k$ ) como  $c_j$  ( $j=1, 2, \dots, k$ )
- Pesos  $w$  : ( $w_1, w_2, \dots, w_j, \dots, w_k$ ), projetado como o eixo de decisão, que aponta para ações com melhores fluxos líquidos. A medida que os pesos são modificados apenas o eixo de decisão se altera, o que fornece uma visualização da sensibilidade das ações aos pesos.

Um parâmetro  $\delta$  possibilita medir o percentual de informação preservada na projeção sobre o plano. Na maior parte das aplicações reais o valor de  $\delta$  é superior a 80%.

A figura 5 mostra um exemplo da representação gráfica no plano GAIA para o caso de 12 (doze) ações e 6 (seis) critérios.

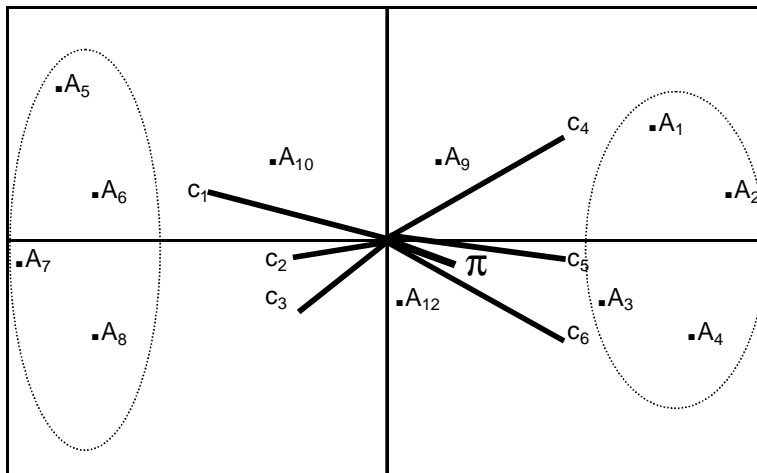


Figura 5 - Visualização das ações, critérios e eixo de decisão.

As seguintes conclusões podem ser obtidas na visualização do GAIA:

- Ações com projeções próximas têm performances similares no conjunto dos critérios.
- Se a imagem de uma ação está situada na direção de certos eixos de critérios, seu desempenho é melhor em relação aos critérios respectivos.

- Ações são incomparáveis (ou dificilmente comparáveis) se elas estão situadas em direções opostas no plano, como por exemplo, os grupos demarcados de ações na figura 5.
- O tamanho do vetor  $\pi$  (eixo de decisão) é inversamente proporcional ao conflito dos critérios, isto é quanto maior a concordância dos critérios, maior o vetor  $\pi$ .
- A ação será tanto melhor quanto mais distante estiver, na direção do eixo de decisão  $\pi$ .

- **Softwares de Apoio ao PROMÉTHÉE**

Dois *softwares* de apoio foram desenvolvidos, PROMCALC e DECISION LAB (BRANS e MARESCHAL, 2002).. Para o uso nesse trabalho optou-se por adotar o segundo, lançado a partir do final de 1999 em função da possibilidade de interface gráfica Windows. A principal deficiência em relação ao PROMCALC é não dispor de solução integrada para PROMÉTHÉE V, por não contar com a opção de programação linear. Para contornar esse problema será utilizado o *software* LINDO, com recursos para programação linear inteira.

O Decision Lab permite:

- Gerar os dados de forma fácil em forma de uma planilha.
- Classificar as ações conforme os métodos PROMÉTHÉE I e II.
- Analisar os dados conforme GAIA.
- Realizar análises de sensibilidade detalhadas.

- **TODIM**

O método TODIM (Tomada de Decisão Interativa Multicritério) , destina-se a solução de problemas de ordenação de alternativas  $\gamma(P\gamma)$ , tendo a vantagem de modelar as funções de preferências como decisões de risco (GOMES e LIMA, 1992). Para tanto, é fundamentado na Teoria das Prospectivas (KAHNEMAN e TVERSKY ,1979). O método combina características das escolas americanas e francesas, pois se de um lado estrutura-se em forma



de hierarquia como o AHP na matriz de comparação entre critérios, por outro não considera que o decisor sempre decide na busca de uma solução que corresponda ao valor máximo, como na questão da função utilidade do MAUT. A base psicológica se fundamenta na citada teoria que preconiza que as pessoas assumem propensão a riscos quando defrontadas com perdas e aversão a riscos em face da possibilidade de ganhos. A figura 6 mostra isso, na qual se observa uma inflexão maior nas perdas que nos ganhos.

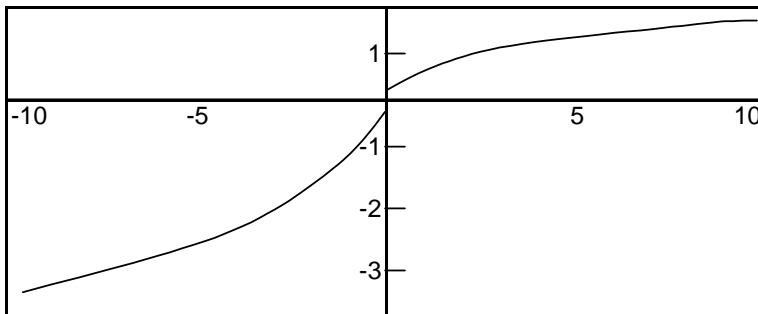


Figura 6 – Propensão e aversão a riscos

A tabela 8 exemplifica padrões de comportamento em relação a problemas que fizeram parte das pesquisas de Kahneman e Tversky com um número considerável de pessoas.

Primeiro caso	Escolher entre	Expectativa	Escolha	Comportamento
Alternativa 1	80% de probabilidade de ganhar US\$4.000 e 20% de não ganhar nada	$=,8 \times 4000 + ,2 \times 0 = 3200$	Alternativa 2	Aversão a riscos
Alternativa 2	100% de probabilidade de ganhar US\$ 3.000	$=1 \times 3000 = 3000$		
Segundo caso	Escolher entre	Espectativa	Escolha	Comportamento
Alternativa 1	80% de probabilidade de perder US\$4.000 e 20% de não perder nada	$=,8 \times 4000 + ,2 \times 0 = 3200$	Alternativa 1	Propensão a riscos
Alternativa 2	100% de probabilidade de ganhar US\$ 3.000	$=1 \times 3000 = 3000$		

Tabela 8 – Exemplos de comportamentos frente a riscos.

Segundo Gomes, Araya e Carignano (2004), o método consiste em construir as seguintes matrizes:

- Matriz de Desejabilidades Parciais: obtida pela valoração das alternativas nos critérios.
- Matriz de Comparações por Pares de Critérios, na qual os critérios são comparados par a par, podendo ser gerada algum tipo de inconsistência pelo fato de suas células expressarem resultados de juízos de valor. Valida-se o peso após se alcançar um grau de inconsistência baixo julgado aceitável.

Os resultados de ordenação do método são calculados por meio de um matriz de medidas de dominância relativa das alternativas, chegando-se a um valor  $\xi_i$  que representa o valor total da alternativa  $i$ , resultado esse que guarda semelhanças com os fluxos líquidos de superação das escolas francesas.

- **MACBETH**

O MACBETH ( Measuring Attractiveness by a Categorical Based Tecnique) foi desenvolvido por Carlos Bana e Costa e Jean-Claude Vansnick no início da década de 90 sendo nos anos seguintes agregado à equipe Jean-Marie De Corte (BANA e COSTA *et al*, 2003). Tal método permite representar numericamente os julgamentos sobre a atratividade global das ações, sendo uma abordagem interativa que ajuda na construção de medidas cardinais para elementos de um grupo finito de ações  $A$  para critérios  $P$ .

O método compreende dois estágios específicos:

- Comparação par a par dos critérios de escolha.
- Definição do valor de escala.

Definido  $\forall a, b \in A$ , o julgamento absoluto das diferenças de atratividades par a par pode ser feito conforme a tabela 9.

Diferença de Atratividade	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$
Nível	Muito fraca	Fraca	Moderada	Forte	Muito Forte	Extrema

Tabela 9 – Julgamento de atratividades

Assim se determinam quais os pesos a serem considerados para cada critério, havendo possibilidade de se identificar inconsistências nas avaliações, permitindo-se a correção de distorções conforme a percepção do avaliador.

A segunda etapa consiste na comparação de cada alternativa para cada critério de atratividade, sendo definidos dois referenciais: o bom, com 100% da escala e o neutro com 0%. As alternativas necessariamente devem se situar entre esses dois referenciais. Para essa comparação a mesma escala  $C_1$  a  $C_6$  é usada e a mesma verificação de inconsistências é feita.

O resultado final aponta para a transformação das preferências em valores que variam de 0 a 100, com a consideração dos pesos definidos para cada critério.

O método é apoiado pelo *software* M-MACBETH, o qual desde 2003 faz parte do pacote de *software* HIVIEW3 da Catalyze Ltd, que permite o estabelecimento de escores e pesos, bem como a solução da programação linear que define a escala básica (BANA e COSTA *et al*, 2003).

- **Avaliação dos métodos apresentados**

Diferentes métodos podem representar aproximações diversas sobre o processo de decisão (OZERNOY, 1992). Basicamente, os vários métodos apresentados diferem entre si em como estruturam o problema, e a partir disso como estabelecem medições para as ações e os pesos dos critérios.

O método MAUT tem como vantagem seu fundamento na Teoria da Utilidade, objetivando determinar preferências na forma de funções de utilidade (GOMES, 2007). Apresenta uma forte base matemática aplicável a vários problemas. O maior senão que se pode colocar baseia-se na sua tendência de objetivar todas as subjetividades, podendo levar a situações do tipo em que o modelo matemático pode acabar distorcendo o problema real (BELTON e STEWART, 2002). O método AHP tem como principal vantagem a sua facilidade de esclarecimento do problema, virtude da decomposição hierárquica, permitindo uma

compreensão e avaliação mais fácil por parte dos envolvidos na decisão. Sua principal desvantagem é que as avaliações podem levar a inconsistências na hierarquia dos critérios, pois a posição relativa das alternativas pode se alterar, em função de inclusão ou retirada de uma alternativa (GOMES, ARAYA e CARIGNANO, 2004). O principal diferencial do MACBETH está na introdução dos pontos de vista que definem a maneira como os agentes expressam preferências. Em função de sua estruturação, a interatividade pode se revelar cansativa, no caso de um grande número de comparações. A inovação do método TODIM vem do fato de combinar elementos das duas escolas, e se basear na Teoria das Prospectivas , considerando os riscos inerentes dos juízos de valor. A principal desvantagem é não dispor de um *software* específico para sua aplicação. No caso dos métodos clássicos de superação, o principal questionamento em relação ao ELECTRE diz respeito ao arbitramento do limite de concordância **c** e do limite de discordância **d** . Quanto ao PROMÉTHÉE, que a par de possuir uma estruturação lógica no apoio à decisão, *software* de apoio com interface Windows, os próprios Brans e Mareschal (2002) citam a dificuldade do decisor no entendimento das funções de preferência, que funciona como uma barreira para seu melhor aproveitamento, dada que sua robustez é sobremaneira apoiada nos limites de indiferença e preferência.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 A escolha do método

- Justificativas para escolha do método PROMÉTHÉE V
  - O problema trata basicamente da construção de um cenário para uma estruturação da decisão, havendo muita participação do analista, inclusive na formulação de algumas premissas para subsidiar a decisão final.
  - Nesse contexto, o método não tem a ambição de decidir, mas sim de esclarecer o problema, de forma que os envolvidos na decisão possam entender a seqüência das opções realizadas (BRANS e MARESCHAL, 1986).
  - O método é prescritivo em relação às alternativas, fato que se considera bastante útil no processo de decisão estudado, dado que os atores do processo têm dificuldade de definir os níveis adequados de suas preferências. As funções de preferências englobadas nos seis critérios atuam como um guia que norteia o raciocínio. No caso específico, como o analista é também parte ativa do processo ele pode funcionar como um agente catalisador, esclarecendo e estimulando o correto uso das funções.
  - Por outro lado, o método, através da utilização do plano GAIA é descritivo em relação aos pesos que devem ser atribuídos para cada critério. No cenário atual de decisão a importância dos eventuais critérios é avaliada de forma subjetiva, o que implica em impossibilidade futura de reconstituição do processo. Com a utilização do plano GAIA pode-se visualizar a repercussão das variações de pesos nos resultados finais. A possibilidade de se proceder a simulações dá ao decisor não só uma visão melhor de nuances do problema, como uma tranquilidade adicional no sentido de que quem está no comando é o decisor, e não uma “máquina calculadora”. Esse é um ponto vital, pois tentativas anteriores de aplicações de métodos sistemáticos criaram na cultura da

empresa a sensação de que a decisão acabava ficando com o método, gerando desconfiças em relação aos resultados.

- A aparente desvantagem apontada por Belton e Stewart (2002), de que os métodos de superação não seriam os mais adequados para trabalhos feitos diretamente em sessões plenárias com os decisores não é relevante no problema em estudo, onde se adota como premissa exatamente um trabalho anterior de preparação dos dados para posterior discussão final, deixando um largo espaço de liberdade para o decisor final.
- O PROMÉTHÉE V oferece a possibilidade de se analisar problemas com segmentos submetidos a restrições (BRANS e MARESCHAL, 1992). São questões já presentes no cenário atual, muito embora não sejam quantificadas de forma objetiva, como restrições quanto à quantidade de projetos, distribuição geográfica e limitação orçamentária, avaliações sobre vendas e vantagens competitivas.
- Existência de ferramentas computacionais de apoio, que eliminam a necessidade de repetição de cálculos monótonos e permitem que o trabalho se concentre nos conceitos fundamentais relacionados ao problema.

### 3.2 Descrição do PROMÉTHÉE V

O PROMÉTHÉE V se destina a resolver problemas do tipo

Max  $\{f_1(a_i), f_2(a_i), \dots, f_j(a_i), \dots, f_k(a_i) \mid a_i \in A, i = 1, 2, \dots, n\}$ , em que adicionalmente as alternativas estão submetidas a restrições de segmentação (BRANS e MARESCHAL, 2002).

Assim sendo, o PROMÉTHÉE V consiste de duas etapas:

- 1<sup>o</sup> Passo: o problema multicritério é resolvido pelo PROMÉTHÉE-GAIA sem considerar a questão das restrições. Aplicando-se todos os recursos do método são obtidos os fluxos de dominância líquidos  $\phi(a_i)$ .

- 2<sup>o</sup> Passo: As restrições de segmentação são então introduzidas, considerando-se uma programação linear inteira visando se obter:

$$\text{Max } \sum_{i=1}^n \phi(a_i) x_i$$

A programação linear inteira pode ser resolvida pelas ferramentas clássicas. No caso presente em estudo usar-se-á o *software* Decision Lab para o primeiro passo e o *software* LINDO para o segundo passo.

Com relação a questão de compensação partindo-se da definição de Bouyssou (1986) que estabelece que a idéia básica de uma relação de preferência compensatória é a existência de trocas (*tradeoffs*) pode-se considerar o método PROMÉTHÉE II como não compensatório, devido ao fato de que os pesos nos métodos de superação não representam *tradeoffs* entre as pontuações dos *scores*, mas sim servem para combinar relações de preferências, sendo medidas do grau segundo o qual cada critério influencia a afirmação final de que uma alternativa é igual ou preferível a outra (DIAKOULAKI e GRAFAKOS, 2004). Adicionalmente, conforme consideração de Davies (2007), de que uma regra de decisão não compensatória é aquela que discrimina, ou seja, ignora pesos e variáveis de tal forma que valores restringem a decisão, o PROMÉTHÉE V deve ser enquadrado como não compensatório pelas restrições impostas na programação linear que restringem escolhas feitas anteriormente pelos fluxos líquidos do PROMÉTHÉE II.

### 3.3 Levantamento dos dados

O levantamento dos dados compreende:

- Definição da lista proposta do Plano de Projetos a Aprovar. Os projetos devem ser criados sob a forma de programas permitindo especificar as restrições dentro dos segmentos e

entre segmentos, como existência de propostas alternativas, com escolha de apenas uma delas, projetos independentes e interdependentes.

- Levantamento junto aos *stakeholders*, visando definir critérios, pesos e realizando uma análise dos interessados para identificar os requisitos de negócio dos envolvidos e as preocupações que os mesmos têm sobre o processo e seus requisitos (DINSMORE e CAVALIERE, 2006). Para definição dos critérios deverá ser levado em consideração o prescrito por Bouyssou (1986), no que tange ao entendimento da equipe, método e qualidade dos dados disponíveis. No presente caso, a premissa para construção dos critérios é que a avaliação será feita em função do conhecimento de engenharia e negócios do pessoal envolvido. Em função disso são privilegiados, dentre os critérios da literatura, aqueles mais identificados com a visão da área de redes de transporte e serviços sobre requisitos técnicos e sobre as possibilidades de suas aplicações em negócios. Isto também se deve ao fato de que posteriormente à priorização das alternativas, os projetos ainda serão submetidos à avaliação individual pela área financeira, que não faz parte do escopo desse trabalho, mas que funciona como uma garantia final sobre as escolhas. Assim, o objetivo é construir um portfólio sob o prisma dos implementadores dos projetos gerando uma estratégia tecnológica para o negócio. Dessa forma os valores financeiros são remetidos ao conjunto das restrições, a serem analisadas após a classificação do PROMÉTHÉE II. Para garantir o preconizado por Bouyssou (1986), cada critério é definido de forma a garantir o entendimento comum da lista preliminar submetida aos *stakeholders*, base para a seleção dos critérios. A definição dos pesos será baseada na experiência dos *stakeholders*. Incertezas em relação às avaliações das alternativas frente a um critério tendem a enfraquecer o peso do critério. Simulações feitas no *software* permitem posteriormente avaliar a sensibilidade à mudança nos valores dos pesos e seus



reflexos nas alternativas. A avaliação de critérios e pesos é feita por meio de um formulário, no qual os envolvidos expressam suas perspectivas.

- Escolha das funções de preferência, consistindo em se definir para cada critério, usando como referência os dados da figura 3 e da tabela 7, qual dos seis tipos generalizados propostos pelo método PROMÉTHÉE será usado, com a quantificação dos limites de indiferença e preferência das variáveis associadas.

### **3.4 Processamento dos dados**

Compreende as etapas de processamento no *software* Decision Lab dos dados obtidos para se obter os resultados segundo os métodos PROMÉTHÉE I e II. Nessa etapa procede-se a uma análise de sensibilidade quanto a pesos, limites de preferência e indiferença e critérios generalizados. Os fluxos líquidos do PROMÉTHÉE II são submetidos no *software* LINDO à programação linear inteira em relação às restrições definidas. É realizada também uma análise de sensibilidade em relação aos valores das restrições.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Aplicação piloto

O projeto piloto trata da implantação de 10 novos projetos de redes para atendimento a clientes de serviços de telecomunicações em três regiões do país, conforme tabela 10.

A1- REG1P1	A2- REG1P2	A3- REG1P3	A4- REG2P1	A5- REG2P2
A6- REG2P3	A7- REG3P1	A8- REG3P2	A9- REG3P3	A10- REG3P4

Tabela 10- Relação de propostas de projetos

Os critérios para avaliação dos projetos foram assim estabelecidos:

- $C_1$  – Investimento necessário (em R \$ milhões), a ser minimizado.
- $C_2$  – Despesas operacionais (em R \$ milhões), a ser minimizado.
- $C_3$  – Alinhamento com a estratégia para o futuro, tratada como na escala fundamental de Saaty, a ser maximizado.

No estabelecimento dos pesos de cada critério foi levada em consideração a relativa inexperiência dos agentes envolvidos em decidir sobre essa questão. O exercício feito considerou que:

- Critérios financeiros assumem pesos mais elevados;
- Incerteza em relação a critério reduz seu peso.

Como resultado chegou-se a:  $C_1=5$ ,  $C_2=4$ ,  $C_3=1$ .

As seguintes restrições adicionais estão associadas ao problema

- O número de projetos deverá ser de no mínimo 4 e no máximo 6.
- O investimento total não pode ultrapassar R \$ 300 milhões.
- A receita total deve ser superior a R \$ 3.000 milhões.
- Cada região deve ter pelo menos um projeto contemplado.

A tabela 11 mostra as propostas com os dados básicos, com uma coluna adicional para as respectivas receitas.

Critério	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	RECEITAS
Nome	Investimento	Despesa	Alinhamento	ANUAIS EM R \$ MILHÕES
Min ou Max	Minimizar	Minimizar	Maximizar	
Tipo	V	V	III	
Peso	5	4	1	
A1- REG1P1	10,2	1,0	2	
A2- REG1P2	20,4	1,5	5	400
A3- REG1P3	30,5	2,2	8	450
A4- REG2P1	8,9	1,5	5	120
A5- REG2P3	12,7	3,7	8	200
A6- REG2P3	30,8	2,7	9	700
A7- REG3P1	30,6	3,2	3	400
A8- REG3P2	45,7	2,6	8	600
A9- REG3P4	75,8	5,0	9	1200
A10- REG3P5	120,6	8,0	9	2100

Tabela 11 – Dados das propostas de projetos das diversas regiões e receitas associadas

Para a determinação das funções de preferências de cada critério optou-se por

C<sub>1</sub> – Tipo V,  $q = 1,0$  e  $p = 5,0$ ; C<sub>2</sub> – Tipo V,  $q = 0,5$  e  $p = 1,5$ ; C<sub>3</sub> – Tipo III,  $p = 3$

- **Processamento dos dados no Decision Lab**

Os dados da tabela 11 são introduzidos no *software* Decision Lab, conforme figura 7.

	C1	C2	C3
MinMax	Minimize	Minimize	Maximize
Weight	5.0000	4.0000	1.0000
Preference Functi	Linear	Linear	V-Shape
Indifference Thres	1.0000	0.5000	-
Preference Thr	5.0000	1.5000	3.0000
Gaussian Thresh	-	-	-
Threshold Unit	Absolute	Absolute	Absolute
Unit	Milhoes	Milhoes	Unidade
A1	10.2	1.0	2
A2	20.4	1.5	5
A3	30.5	2.2	8
A4	8.9	1.5	5
A5	12.7	3.7	8
A6	30.8	2.7	9
A7	30.6	3.2	3
A8	45.7	2.6	8
A9	75.8	5.0	9
A10	120.6	4.8	9

Figura 7 – Dados do projeto piloto no Decision Lab

Com o comando *View*, opção *Rankings* obtém-se a classificação total mostrada na figura 8.

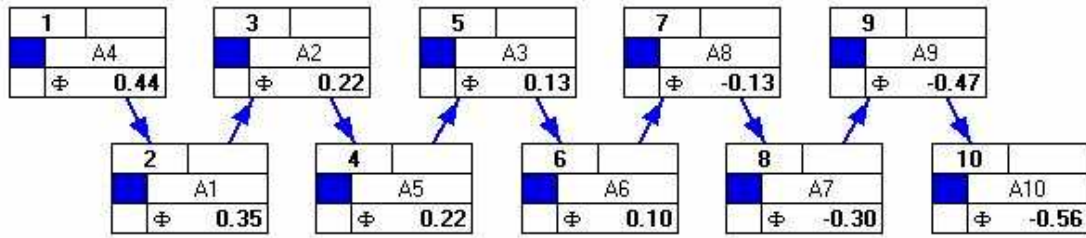


Figura 8 – Classificação total ( PROMÉTHÉE II ) – Projeto piloto

Com o comando *View*, opção *GAIA Planes*, o *software* apresenta o respectivo Plano Gaia conforme figura 9.

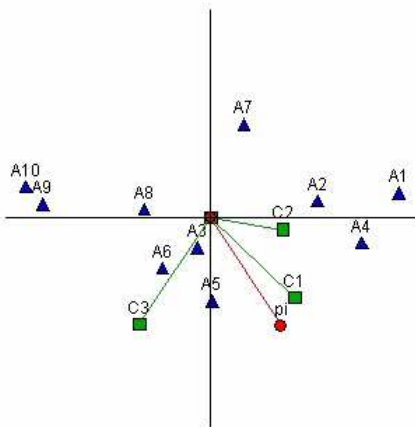


Figura 9 – Plano GAIA

A alternativa A4, apontada como a alternativa de melhor fluxo líquido, caracteriza-se por ser aquela que mais se distancia da origem, na direção do eixo de decisão, sendo seu desempenho melhor em relação aos critérios C<sub>1</sub> e C<sub>2</sub>. Da mesma forma observa-se que as alternativas com fluxos negativos ( A8, A7, A9, A10) situam-se em sentido oposto ao do citado eixo. O fato de haver ações em direções opostas no plano aponta para a possibilidade de existência de incomparabilidades, não investigadas pelo PROMÉTHÉE II, mas reforçadas pela orientação do eixo do critério C3, quando comparada com as dos eixos dos critérios C1 e C2.

A questão agora é verificar, na tabela 12, se o resultado atende às restrições impostas.

	Investimento	Receita	Região
4 Primeiros segundo PROMÉTHÉE II	SIM	NAO	NAO
5 Primeiros segundo PROMÉTHÉE II	SIM	NAO	NAO
6 Primeiros segundo PROMÉTHÉE II	SIM	NAO	NAO

Tabela 12 – Verificação do atendimento as restrições

Como se depreende dos dados não existe nenhuma solução imediata do PROMÉTHÉE II que atenda às restrições impostas. O próximo passo é formular uma programação linear que otimize a função dos fluxos líquidos sujeita às restrições citadas. A figura 10 mostra a programação feita no software LINDO para resolver a programação linear inteira, com a primeira linha indicando a função a ser maximizada, e as demais indicando as restrições com a definição nas linhas finais da variáveis como inteiras.

- **Processamento dos dados no LINDO**

```

LINDO - [C:\Documents and Settings\ricard\My Documents\mestrado\dissertação\versoes do projeto\lindo\piloto out.ltx]
File Edit Solve Reports Window Help
MAX 0.35x1+0.22x2+0.13x3+0.44x4+0.22x5+0.10x6-0.30x7-0.13x8-0.47x9-0.56x10
ST2
x1 + x2 + x3 + x4 + x5 + x6 + x7 + x8 + x9 + x10 > 4
x1 + x2 + x3 + x4 + x5 + x6 + x7 + x8 + x9 + x10 < 6
150x1+400x2+450x3+120x4+200x5+700x6+400x7+600x8+1200x9+2100x10 > 3000
10.2x1+20.4x2+30.5x3+8.9x4+12.7x5+30.8x6+30.6x7+45.7x8+75.8x9+120.6x10 < 300
x1 + x2 + x3 > 1
x4 + x5 + x6 > 1
x7 + x8 + x9 + x10 > 1
END
INTEGER x1
INTEGER x2
INTEGER x3
INTEGER x4
INTEGER x5
INTEGER x6
INTEGER x7
INTEGER x8
INTEGER x9
INTEGER x10
  
```

Figura 10 – Sintaxe LINDO aplicação piloto

Para resolver a programação linear no *software* LINDO, aplica-se o comando *Solve*, opção *Solve* e a seguir o comando *Report*, opção *Solution*, com os resultados conforme figura 11.

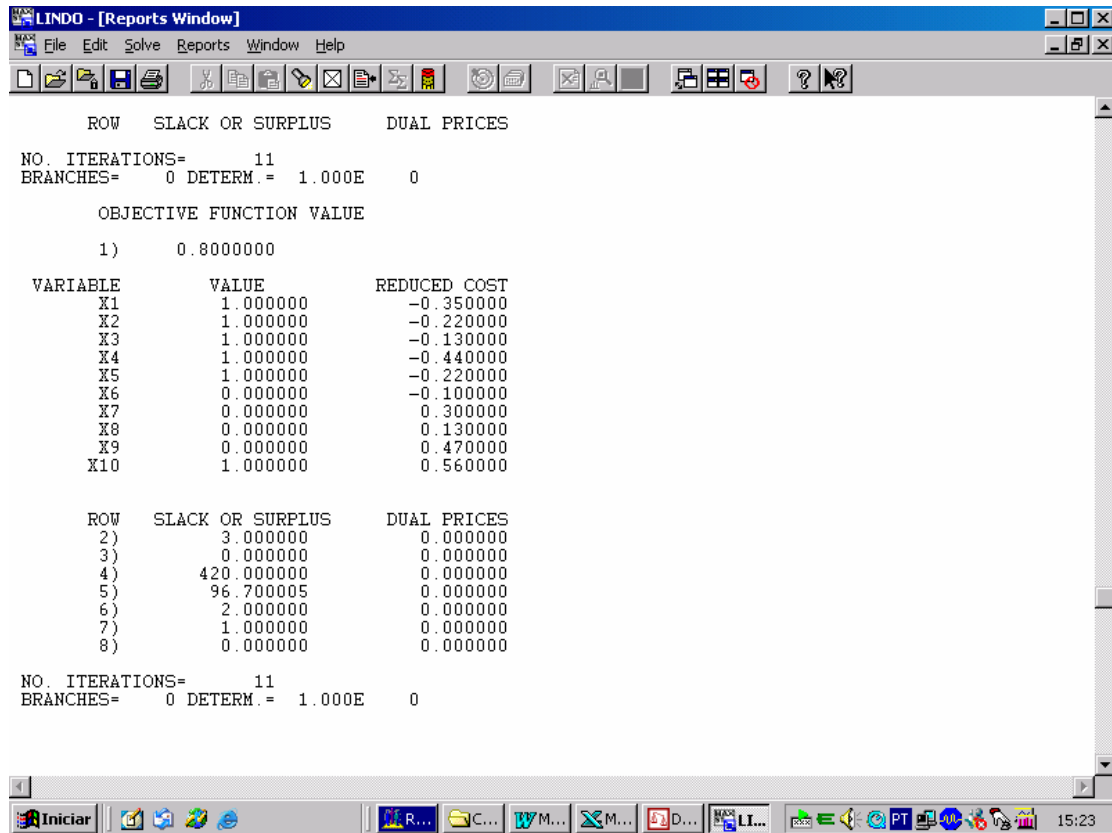


Figura 11 – Resultados do LINDO – Projeto piloto

As variáveis apontadas com valor 1 correspondem aos projetos selecionados. O valor dos fluxos líquidos para esses projetos é 0,80. Tal resultado é alcançado após 11 interações. A tabela 13 valida os resultados apontados, mostrando que a soma dos investimentos e das receitas dos projetos atendem às restrições. Há pelo menos um projeto de cada região.

Variável LINDO	Projeto Selecionado	Investimento	Receita	Região
X1	REG1P1	10,2	150	1
X2	REG1P2	20,4	400	1
X3	REG1P3	30,5	450	1
X4	REG2P1	8,9	120	2
X5	REG2P3	12,7	200	2
X10	REG3P4	120,6	2100	3
	Totais	203,3	3420	

Tabela 13 – Relação de projetos selecionados

#### 4.2 A elaboração do Plano de Investimentos

A tabela 14 mostra os valores constantes do Plano de Investimento.

Classificação dos projetos	2007	2008	Valores em R \$ mil	
			2009	Total
Programas de Projetos já aprovados	550.000	150.000		700.000
Programas de Projetos a aprovar		650.000	150.000	800.000

Tabela 14 – Valores de investimentos

Os dados mostram que do total dos projetos já aprovados haverá um transbordo de R \$ 150 milhões de projetos de 2007 para o ano de 2008. Tal transbordo acaba por onerar os fundos destinados para execução em 2008. Para o planejamento de 2008 está se trabalhando com um valor máximo de transbordo de R \$ 150 milhões de projetos a serem iniciados em 2007 para 2008 de um total de investimento previsto de R \$ 800 milhões.

A tabela 15 apresenta a lista de propostas de alternativas para a composição do Plano 2008.

Num	Descrição	Grupo	Região	Valor 2008	Valor 2009	Total
1	BB IP - ALT1	A	Todas	150	20	170
2	TEL – ALT1	A	Todas	50	15	65
3	BB IP – ALT2	A	Todas	205	25	230
4	TEL – ALT2	A	Todas	80	20	100
5	TR-TEL1BB1	A	Todas	80	20	100
6	TR-TEL1BB2	A	Todas	100	30	130
7	TR-TEL2BB1	A	Todas	90	23	113
8	TR-TEL2BB2	A	Todas	120	40	160
9	CONT1REG1	B	1	20	8	28
10	CONT2REG1	B	1	30	10	40
11	CONT1REG2	B	2	12	3	15
12	CONT2REG2	B	2	20	5	25
13	CONT1REG3	B	3	50	10	60
14	CONT2REG3	B	3	60	15	75
15	CONT1REG4	B	4	25	5	30
16	CONT2REG4	B	4	30	8	38
17	LEGE1	C	Todas	15	2	17
18	TRANSPAD	C	Todas	5	3	8
19	VAD1	D	Todas	8	2	10
20	VAD2	D	Todas	12	2	14

Tabela 15 – Proposta inicial de Plano 2008

As seguintes considerações são feitas em relações à proposta inicial do plano:

- Dados técnicos da proposta

- Descrição dos projetos

Os projetos codificados como BB IP e TEL são apresentados em forma de alternativas. Qualquer combinação de projetos é aceita, entretanto somente uma combinação pode ser escolhida. Para cada combinação de projetos BB IP e TEL existe um projeto TR correspondente. Desta maneira são classificados os projetos de número 1 a 8. Devido a natureza da rede, esses projetos não são divididos por regionais.

Os projetos enumerados de 9 a 17 são projetos destinados a atendimentos específicos às regionais. Do ponto de vista técnico qualquer projeto desse conjunto pode ser selecionado para execução.

Os projetos LEGE1 e TRANSPAD são interdependentes. Isto significa que não faz sentido selecionar apenas um deles.

- Classificação dos grupos

Grupo A : projetos para atendimento ao *core business*. Uma e apenas uma combinação de projetos BB IP, TEL e TR deve ser escolhida.

Grupo B: projetos regionalizados. Qualquer combinação pode ser escolhida, a menos de uma restrição adicional que não de cunho técnico.

Grupo C: projetos legados, devem ser selecionados em conjunto.

Grupo D: projetos de valor adicionado. Apenas um deve ser selecionado.

- Atendimento às regiões: a quarta coluna da tabela mostra como as regiões são atendidas pelos diversos projetos.

- Valores de investimentos: as colunas de valores apresentam os montantes de investimento em 2008 e os respectivos transbordos para 2009, com a totalização na última coluna.



- Restrições a serem consideradas na proposta

Em primeiro lugar devem ser consideradas as restrições de natureza técnica já contidas na descrição dos projetos quanto a interdependência nas escolhas. Adicionalmente as seguintes restrições são impostas:

- O valor total de investimento em 2008 não pode ultrapassar R \$ 800 milhões
- O valor do transbordo para 2009 não pode ser superior a R \$ 150 milhões.
- Em relação aos programas de projetos do grupo das regionais, cada região deve ser contemplada com pelo menos um programa.
- A despesa total associada à execução dos programas de projetos não pode ultrapassar R \$ 30 milhões.
- A receita total dos programas de projetos selecionados deve ser superior a R \$ 550 milhões.
- O numero de programas não deve ser inferior a 10 e nem ultrapassar 15.
- Deve ser efetuada análise de sensibilidade para a pontuação total do grau de inovação do conjunto de programas selecionados
- Deve ser efetuada análise de sensibilidade para a pontuação total do grau de dificuldade de implementação do conjunto de programas selecionados

#### **4.3 Critérios e pesos para avaliação das alternativas.**

Dos critérios apontados na literatura são selecionados para avaliação dos envolvidos aqueles mais focados na visão da estratégia de tecnologia para os serviços da empresa. Os conceitos básicos usados para os critérios de natureza técnica estão fundamentados nas definições da publicação do *New York State Office of Technology* em seu *Management Guide to Project Success* (2002).

- Alinhamento com a estratégia, que avalia o quanto o projeto está inserido no plano estratégico, refletindo a visão da gerência executiva da empresa.
- Dificuldade de implementação, que mede a viabilidade da solução em análise, considerando os recursos existentes de infra-estrutura, recursos humanos incluídos, logística e a arquitetura projetada, com seus riscos associados.
- Inovação, que expressa o valor relativo de inovação na comparação par a par dos projetos envolvidos. A inovação deve ser mensurada em termos do que já existe na empresa e de uma visão do que o mercado pratica.
- Impacto no meio ambiente, que reflete a possibilidade de problemas com os órgãos fiscalizadores de meio ambiente, baseada em ocorrências históricas.
- Crescimento de vendas, que mede o impacto direto na receita da empresa.
- Vantagem competitiva, que estima a oportunidade de se obter uma vantagem ou eliminar uma desvantagem em relação aos concorrentes, função de conhecimento do mercado.
- Satisfação dos clientes, que mede o grau em que a implementação do projeto possibilita o aumento da satisfação dos clientes. Fundamentado na experiência dos envolvidos com reclamações em soluções existentes.
- Satisfação dos empregados, mensura a combinação de ações de projetos que visam aumentar o grau de satisfação dos empregados diretamente, como por exemplo, melhorias nas condições de trabalho ou indiretamente por meio de implementações de tecnologias avançadas que possibilitam crescimento profissional.
- Segurança operacional, grau em que o projeto em análise visa tão somente garantir a integridade das operações.

A coleta dos dados é obtida pelo preenchimento da tabela constante do anexo I que contém as seguintes colunas:

- **Num:** número seqüencial do critério.
- **Critério:** descrição do critério.
- **Precisão:** Reflete o grau de precisão que o envolvido tem em relação à obtenção do dado classificando-o com as seguintes notas:
  - 1- Dados inexistentes.
  - 2- Baixa precisão.
  - 3- Média precisão.
  - 4- Alta precisão.
  - 5- Precisão absoluta.

A nota atribuída à precisão é fator relevante para determinação da importância e peso do critério, pois mede a qualidade dos dados disponíveis (BOUYSSOU, 1986).

- **Prioridade:** Define a ordem de importância dos critérios para avaliação dos projetos. Ao critério mais importante deve ser atribuído 1 e ao menos importante 9. Não pode haver repetição de número.
- **Peso:** Para definição do peso que o critério tem na avaliação dos projetos. É utilizada uma escala de 1 a 10, representando a ordem crescente dos pesos. Os pesos devem ser referenciados ao critério de maior peso (10) podendo haver repetição de números. A ordem dos pesos deve ser compatível com o grau de importância fornecida em prioridade.

A seleção é feita por meio de pesquisa com os *stakeholders*, de tal forma que cada um expressa sua opinião sobre o conjunto de critérios selecionados. São coletados dados nos formulários de três diretores, sete gerentes funcionais e três gerentes técnicos. Com base nos formulários preenchidos é feita uma composição para definição dos critérios a serem escolhidos. Um número de três critérios é estipulado, baseado no exposto a seguir:

- Trata-se de um número intermediário, coerente com a questão de não se trabalhar com uma diversidade muito grande, mas capaz de abranger outros itens de relevância na análise.
- O estudo foca a questão dos critérios específicos de estratégia de engenharia. Conforme já visto, valores financeiros são posteriormente acrescentados como restrições da programação linear.
- A versão disponível do Decision Lab está limitada a um total de 60 (sessenta ) avaliações.

Com base nas prioridades dadas aos critérios escolhidos por cada avaliador é feita uma aproximação para se obter uma convergência dos dados. Para definição final das prioridades é considerada a precisão. A compilação dos resultados das avaliações é mostrada na tabela 16.

O Anexo II apresenta gráficos contendo a compilação dos dados obtidos.

Nome do Critério	Prioridade Média	Prioridade Normalizada com precisão	Prioridade Adotada	Peso Médio	Peso Normalizado com precisão	Peso Adotado
Alinhamento com a estratégia	2,31	2,14	1	9,54	10,29	10
Crescimento de Vendas	3,31	4,02	2	9,36	7,79	9
Vantagem competitiva	3,23	4,34	3	8,62	6,42	8

Tabela 16 – Compilação de critérios e seus pesos

Para o estabelecimento de pesos foi adotada uma atitude mais conservadora com uma variação de uma unidade a partir do mais importante, em função da imprecisão dos dados.

Além desses dois critérios adicionais tiveram uma alta frequência de propostas:

- Inovação, refletindo uma preocupação com implantação de projetos no estado da arte da tecnologia, com prioridade ajustada de 5,38.
- Dificuldade de implementação, que demonstra a preocupação dos envolvidos em garantir a viabilidade de entrega das facilidades a serem instaladas, com prioridade ajustada de 7,1.

#### 4.4 Escolha das funções de preferência

Como os critérios selecionados são avaliações subjetivas com notas variando de 1 a 10, resultado da escolha dos envolvidos, a definição da função de preferência recaiu sobre a de tipo III, adequada para critérios operacionais conforme Herman (2007). O limite  $p$  a partir do qual o decisor considera que a preferência é estrita é mostrado para cada critério na tabela 17.

Nome do Critério	Limite de Preferência $p$
Alinhamento com a estratégia	3
Crescimento de vendas	2
Vantagem competitiva	2

Tabela 17– Limites de preferência dos critérios

#### 4.5 Dados para processamento

Além dos dados já apresentados na tabela 15, que apresenta a lista de projetos com seus valores de investimentos para composição do Plano 2008, os demais dados necessários para processamento são fornecidos na tabela 18, que mostra não só os dados referentes aos critérios a serem adotados no Decision Lab para cálculo dos fluxos líquidos do PROMÉTHÉE II, bem como aqueles referentes às demais restrições: receita, despesa, dificuldade de implementação e inovação a serem submetidas ao *software* LINDO, para se alcançar os resultados finais do PROMÉTHÉE V.

Projetos do Plano		DADOS DE CRITÉRIOS				DADOS DE RESTRIÇÕES			
			C1	C2	C3				
		Nome	Alinh	Cresc.	Vant.				
			Estrat.	Comp	Vend				
			.e.	as					
				Vend					
			as						
		M/m	Max	Max	Max				
Tipo	III	III	III						
Lim.	3	2	2						
Peso	10	9	8						
Cod	Descrição					Receita	Despesa	Dif.	Inov.
A1	BBIP-ALT1	8	7	9	102,0	5,1	5	7	
A2	TEL-ALT1	8	7	10	43,3	2,6	4	6	
A3	BBIP -ALT2	10	9	7	110,4	3,3	7	9	
A4	TEL-ALT2	10	9	8	60,0	3,0	6	8	
A5	TR-TEL1BB1	6	6	7	54,5	2,7	4	6	
A6	TR-TEL1BB2	7	9	6	57,8	2,9	4	6	
A7	TR-TEL2BB1	8	7	6	59,0	2,9	4	6	
A8	TR-TEL2BB2	9	9	9	66,2	2,0	6	9	
A9	CONT1REG1	6	5	4	28,0	2,2	3	3	
A10	CONT2REG1	7	8	5	32,0	2,2	5	5	
A11	CONT1REG2	6	5	5	13,8	1,4	2	3	
A12	CONT2REG2	7	7	4	17,6	1,6	4	6	
A13	CONT1REG3	6	5	7	80,0	4,8	2	3	
A14	CONT2REG3	7	9	6	75,0	3,8	3	6	
A15	CONT1REG4	6	5	3	30,0	2,7	3	3	
A16	CONT2REG4	7	8	4	32,6	2,6	6	6	
A17	LEGE1	5	3	8	22,7	2,3	2	3	
A18	TRANSPAD	5	3	6	8,7	0,9	4	3	
A19	VAD1	8	7	7	20,0	1,6	5	4	
A20	VAD2	9	8	8	18,7	1,3	6	5	

Tabela 18 – Projetos do Plano – critério e restrições adicionais

#### 4.6 Processamento do PROMÉTHÉE II – Decision Lab

Os dados da tabela 18 referentes a valores das alternativas perante os critérios que foram selecionados são introduzidos no Decision Lab, sob a forma de seus códigos A1 a A20 conforme a figura 12.

	Alinhamento com a estratégia	Crescimento de Vendas	Vantagem Competitiva
Min/Max	Maximize	Maximize	Maximize
Weight	10.0000	9.0000	8.0000
Preference Function	V-Shape	V-Shape	V-Shape
Indifference Threshold	-	-	-
Preference Threshold	3.0000	2.0000	2.0000
Gaussian Threshold	-	-	-
Threshold Unit	Absolute	Absolute	Absolute
Unit			
A1	8.0	7.0	9.0
A2	8.0	7.0	10.0
A3	10.0	9.0	7.0
A4	10.0	9.0	8.0
A5	6.0	6.0	7.0
A6	7.0	9.0	6.0
A7	8.0	7.0	6.0
A8	9.0	9.0	9.0
A9	6.0	5.0	4.0
A10	7.0	8.0	5.0
A11	6.0	5.0	5.0
A12	7.0	7.0	4.0
A13	6.0	5.0	7.0
A14	7.0	9.0	6.0
A15	6.0	5.0	3.0
A16	7.0	8.0	4.0
A17	5.0	3.0	8.0
A18	5.0	3.0	6.0
A19	8.0	7.0	7.0
A20	9.0	8.0	8.0

Figura 12 – Decision Lab – Dados das alternativas

A execução do comando *View*, opção *Rankings*, apresenta os resultados da ordenação dos fluxos líquidos de forma gráfica, conforme a figura 13.

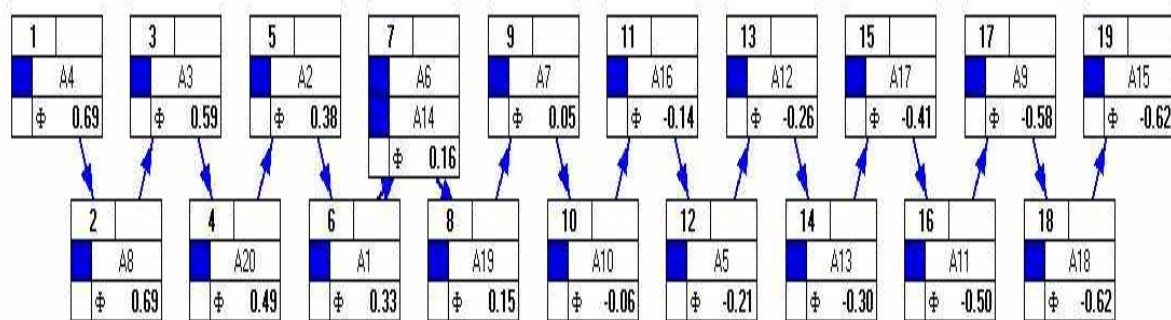


Figura 13 – Fluxo gráfico do PROMÉTHÉE II

A figura 14 apresenta o gráfico GAIA, que é obtido usando-se o recurso *View*, opção *GAIA Planes*. O *software* apurou para a projeção um parâmetro  $\delta = 95,55\%$ , atendendo ao mínimo de 80% para a proporção de informação preservada na projeção sobre o plano.



Comparando-se as figuras 13 e 14 observa-se que as alternativas aparecem como mais bem colocadas na medida em que elas se encontram na direção do eixo de decisão  $\pi_i$  e mais afastadas da origem. Os eixos dos três critérios não seguem direções antagônicas, o que reforça a grande extensão do eixo de decisão. Pelo fato de obterem pontuações idênticas os pontos das alternativas A6 e A14 “colidem” provocando confusão para a leitura dos dados. Observar ainda que as alternativas que ocupam os piores lugares na classificação situam-se em pontos opostos a direção do eixo de decisão.

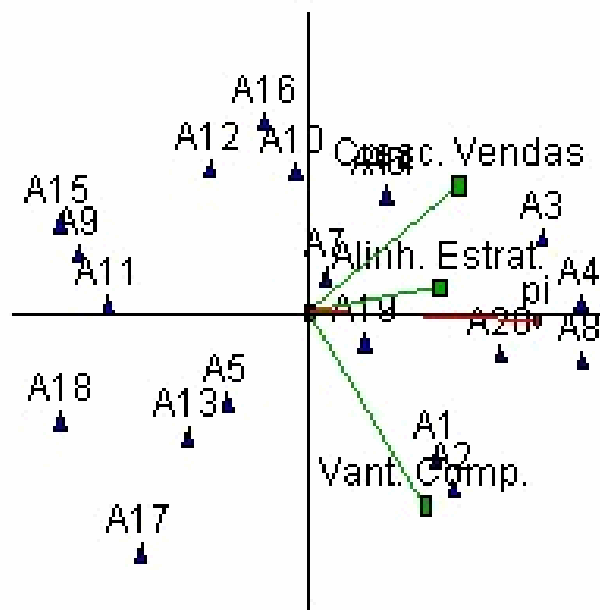


Figura 14 – Plano GAIA das alternativas.

#### 4.7 Análise de sensibilidade PROMÉTHÉE II

A análise de sensibilidade dos resultados do PROMÉTHÉE II foi feita em relação a variação de pesos, limites de preferência e funções de preferência, com a finalidade de se avaliar as alterações de resultados em função de flutuações nos valores dessas variáveis.

- Análise em relação aos pesos

Em relação aos pesos dos critérios é realizada a análise escolhendo-se cinco opções adicionais ao cenário no qual os resultados foram obtidos, a saber:

- Uniforme: considerando todos os pesos distribuídos igualmente ( $C_1=C_2=C_3$ ).
- Pesquisa: cenário em que os pesos mais se aproximam dos valores médios encontrados na pesquisa com os envolvidos ( $C_1=10, C_2=8, C_3=6$ ).
- Redução: mantendo a importância do maior critério e reduzindo os valores dos demais ( $C_1=10, C_2=6, C_3=4$ ).
- Inversão 1: invertendo a ordem do cenário praticado, dando maior importância ao segundo critério ( $C_2=10, C_3=9, C_1=8$ ).
- Inversão 2: invertendo a ordem do cenário praticado, dando maior importância ao segundo critério e reduzindo os demais ( $C_2=10, C_3=8, C_1=6$ ).

Os resultados processados no Decision Lab são mostrados no Anexo III, podendo se tirar as seguintes conclusões:

- Em todos cenários testados os fluxos líquidos não são profundamente alterados, mostrando uma tendência de pequenas alterações de ordem das alternativas e de valores dos fluxos.
- A linha de corte de fluxos positivos para negativos permaneceu constante entre A7 e A10.
- Inversões de ordem foram constatadas para os grupos de alternativas A4 e A8, A5, A12 e A13 e A15 e A18, alterações essas consideradas de pouca monta.
- As variações dos valores dos fluxos não foram muito sensíveis às mudanças dos pesos.

Conclui-se dessa forma que os resultados obtidos com os pesos selecionados comportam-se de maneira consistente quando se os avalia em relação a outros cenários julgados prováveis.

- Análise em relação aos limites de preferência e critérios generalizados

Aqui procurou-se praticar um exercício visando avaliar os efeitos nos resultados obtidos quando se variam os limites de preferência, bem como quando se adota um critério generalizado diferente do escolhido. Para a análise feita, em comparação com o praticado mais quatro avaliações foram feitas, para os cenários denominados como abaixo:

- **Mínimo III:** adotando-se limites de preferência para todos os critérios iguais a 1, mantido o critério generalizado III.
- **Máximo III:** estipulando como limite de preferência para cada critério, os desvios máximos das notas atribuídas na valoração das alternativas, mantido o critério generalizado III.
- **Resultado V:** usando-se os mesmos limites de preferência do cenário praticado no resultado, mas adotando-se o critério generalizado V, com limite de indiferença  $q=1$  para todos os critérios.
- **Padrão V:** adotando-se os limites de preferência sugeridos como padrão pelo software para os critérios C1, C2 e C3, com os limites de indiferença respectivamente iguais a 1, 2 e 3 e os de preferência com as variações máximas.

O critério V foi escolhido para simulação pelo fato do critério III se tratar de um caso particular do mesmo. Os resultados das simulações são apresentados no Anexo IV, podendo-se concluir em relação aos dados apresentados:

- Não foram constatadas variações significativas na ordem, confirmando-se as trocas relativas já verificadas nas variações de pesos.
- O cenário Mínimo apresenta a maior dispersão dos fluxos líquidos, e o cenário Padrão os maiores, justificados pelos cálculos das preferências globais.
- Efetivamente, o uso de critérios generalizados garante solidez ao método.

#### 4.8 Processamento dos dados PROMÉTHÉE V – LINDO

Nesta etapa os fluxos líquidos do PROMÉTHÉE II são submetidos às restrições em uma programação linear inteira utilizando-se do *software* LINDO. A figura 15 mostra a sintaxe da entrada de dados no programa.

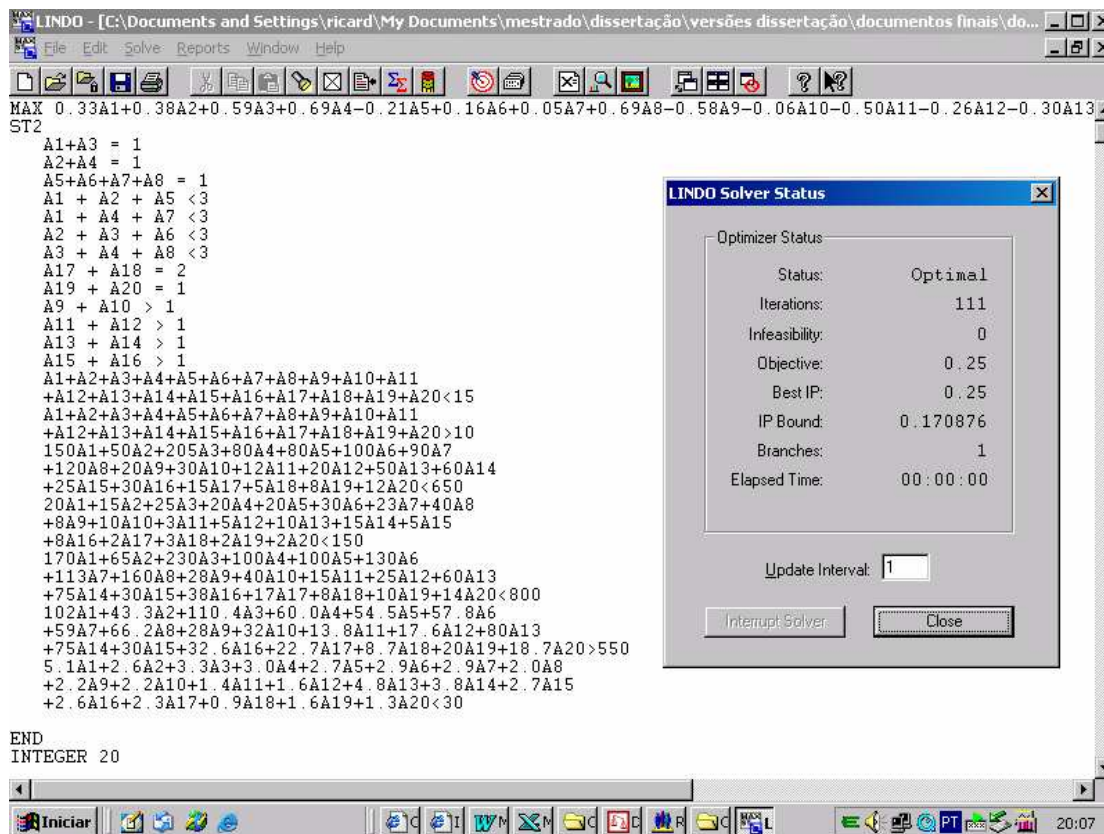


Figura 15 – Sintaxe do problema no LINDO.

A caixa *LINDO Solver Status* mostra que a solução ótima foi encontrada após 111 interações. A primeira linha mostra a função a maximizar contendo os fluxos líquidos multiplicados por cada alternativa. As linhas seguintes a *ST2* (*Subject to*) apresentam as restrições a que as alternativas estão submetidas. A solução da programação linear no *software* LINDO, é obtida aplicando-se o comando *Solve*, opção *Solve* e a seguir o comando *Report*, opção *Solution*, com os resultados conforme figura 16.

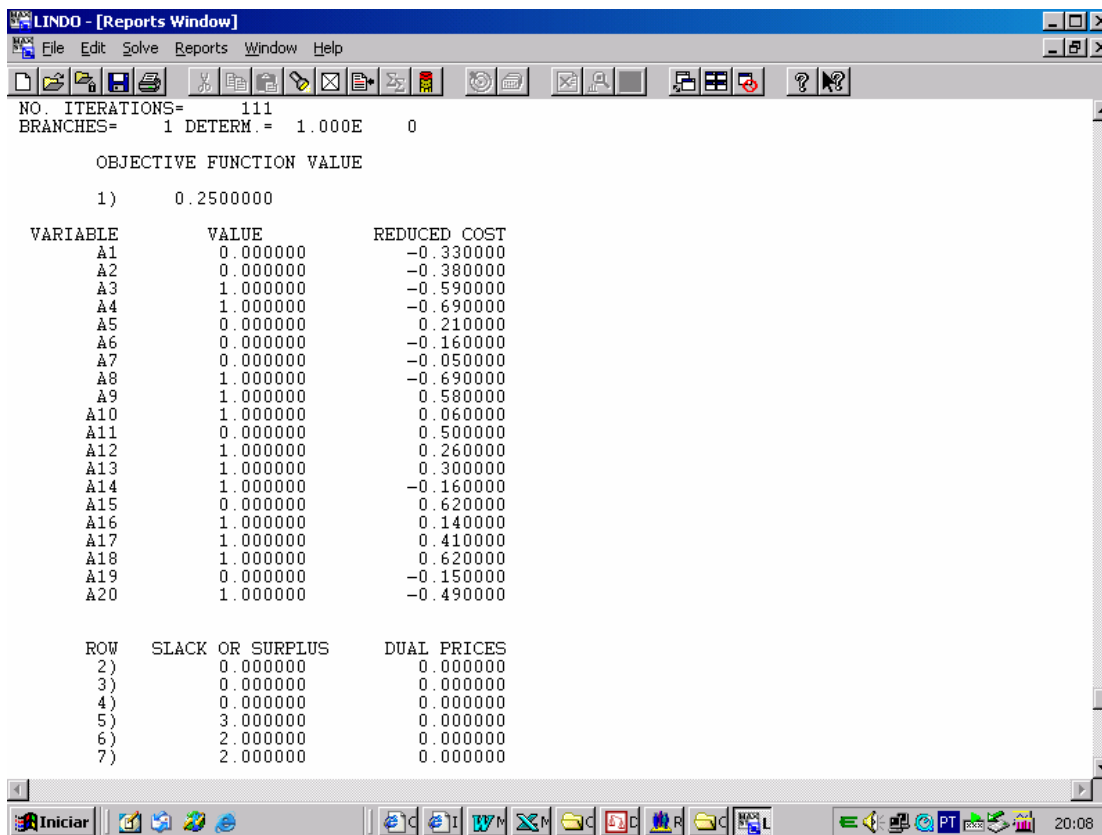


Figura 16 – Solução da programação linear

Desta forma os projetos selecionados com seus códigos são os mostrados na tabela 19, com seus respectivos valores para verificação das restrições.

COD	Região	Valor 2008	Valor 2009	Total	Receita Anual	Despesa Anual
A3	Todas	205	25	230	110,4	3,3
A4	Todas	80	20	100	60,0	3,0
A8	Todas	120	40	160	66,2	2,0
A9	1	20	8	28	28,0	2,2
A10	1	30	10	40	32,0	2,2
A12	2	20	5	25	17,6	1,6
A13	3	50	10	60	80,0	4,8
A14	3	60	15	75	75,0	3,8
A16	4	30	8	38	32,6	2,6
A17	Todas	15	2	17	22,7	2,3
A18	Todas	5	3	8	8,7	0,9
A20	Todas	12	2	14	18,7	1,3
Totais		647	148	795	551,9	29,97

Tabela 19 – Resultados

A análise dos dados da tabela confirma que os programas selecionados atendem a todas as restrições impostas.

#### 4.9 Análise de sensibilidade PROMÉTHÉE V

Na análise dos resultados finais do método procura-se testar a sensibilidade do método a variações das restrições. No caso presente julgou-se mais importante avaliar os pontos relacionados a distribuição dos investimentos anuais, por sua importância no enquadramento dos projetos, e os quesitos relacionados aos graus de dificuldade de implementação e inovação, por enriquecerem o processo de escolha de projetos, e por criarem a possibilidade de trazerem melhorias ao processo. As revisões de notas atribuídas a esses fatores podem ser feitas se houver modificações em relação ao desenho ou modo de execução dos projetos.

- Análise em relação às restrições financeiras

Supondo os mesmo dados, procura-se uma solução na qual, mantido o valor total de R \$ 800 milhões de investimentos , se tenha no máximo R \$ 700 milhões em 2008 e R \$ 100 milhões em 2009. Os dados processados no LINDO são mostrados na figura 17.

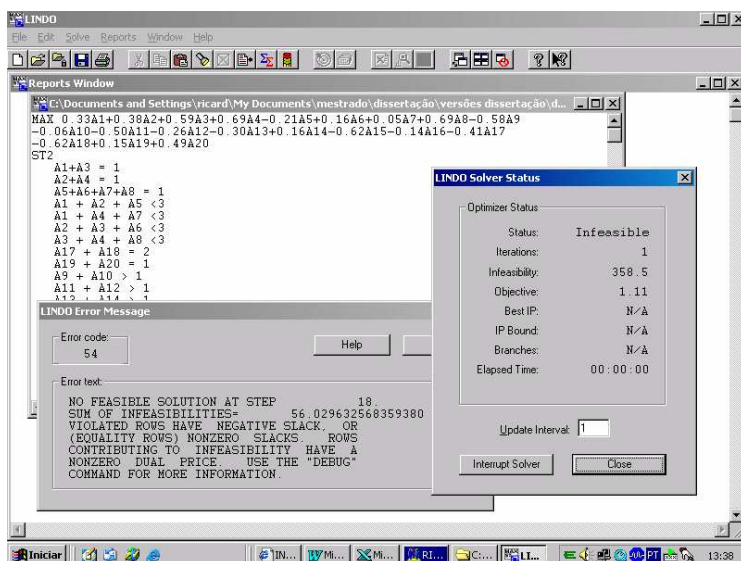


Figura 17 – Simulação de fluxo de investimento no LINDO

Os resultados indicam que não há solução viável nessas condições. Simulações feitas mostram que o resultado da programação linear é bastante sensível ao fluxo de investimentos anuais, o que serve de alerta para a equipe para a composição dos valores de forma a atender

tal restrição. Por outro lado esse é um fator sob domínio dos planejadores, o que permite que se encontrem soluções adequadas alterando-se os ritmos de execução dos projetos.

- Análise em relação ao grau de dificuldade e inovação

Já considerando-se doze o número projetos escolhidos, deseja-se testar a possibilidade de se trabalhar com um conjunto de projetos que atingisse no máximo um grau de dificuldade menor que 65 e grau de inovação maior que 60. Tal restrição é incorporada à programação linear anterior fornecendo o resultado conforme figura 18.

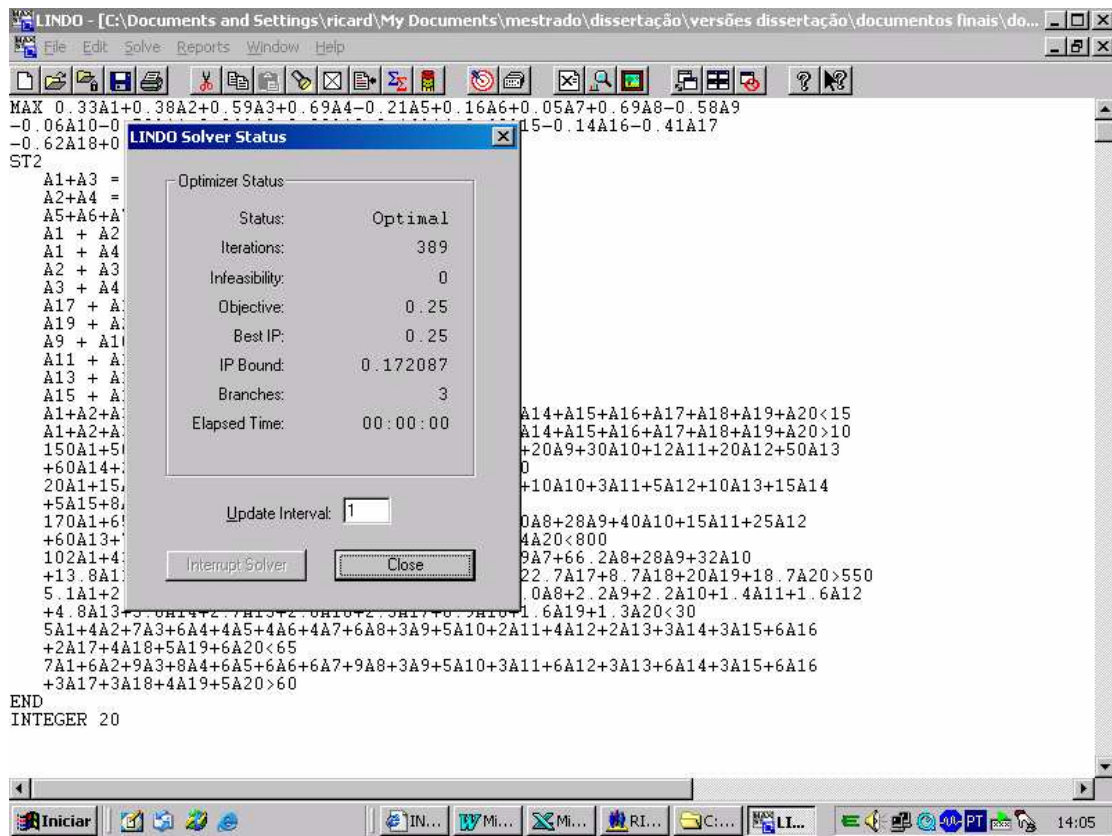


Figura 18 – Simulação para graus de inovação e dificuldade

Observar que as duas últimas linhas da programação incluem as novas restrições. Os resultados não foram afetados, conforme demonstra o relatório mostrado na figura 19.

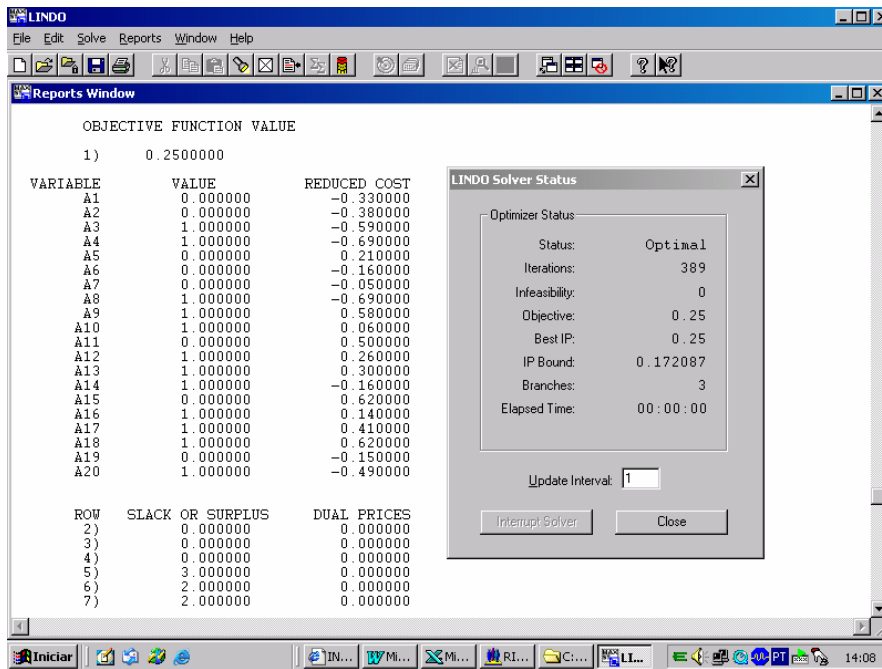


Figura 19 – Resultados da simulação de graus de dificuldade e inovação

A seguir é feita uma simulação para um grau de dificuldade total menor que 50, sendo o resultado apresentado na figura 20.

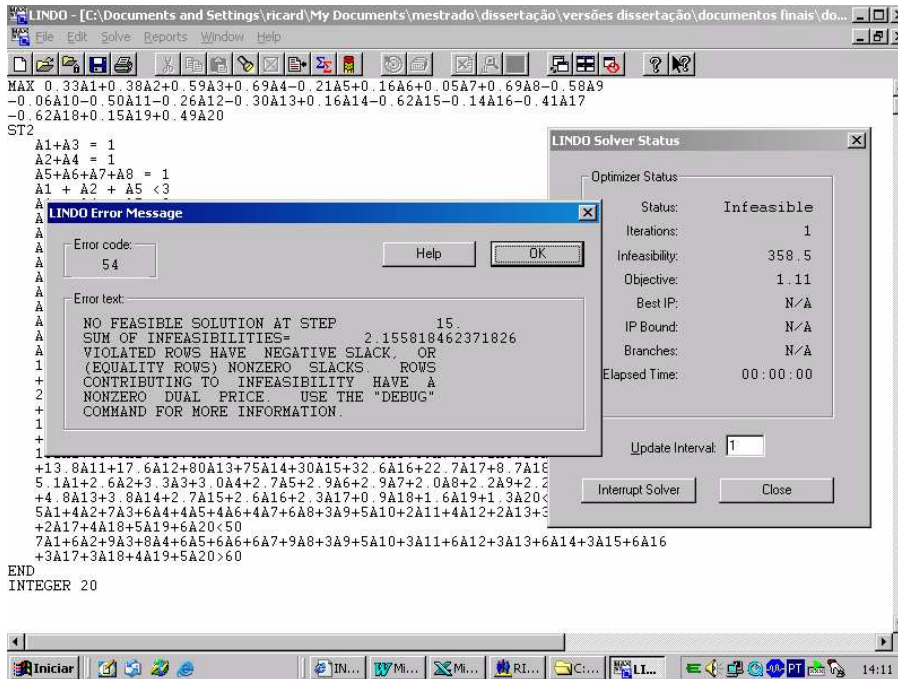


Figura 20 – Simulação para um grau menor de dificuldade



Verifica-se que na tentativa de se reduzir o grau de dificuldade do conjunto de projetos selecionados chega-se a inviabilidade da solução o que mostra a sensibilidade em relação a esse requisito, sendo 53 o primeiro valor a partir do qual a inviabilidade é encontrada.

O próximo teste será simular acréscimos no grau de inovação, constatando-se, conforme figura 21, que o primeiro valor a partir do qual se verifica inviabilidade é 67.

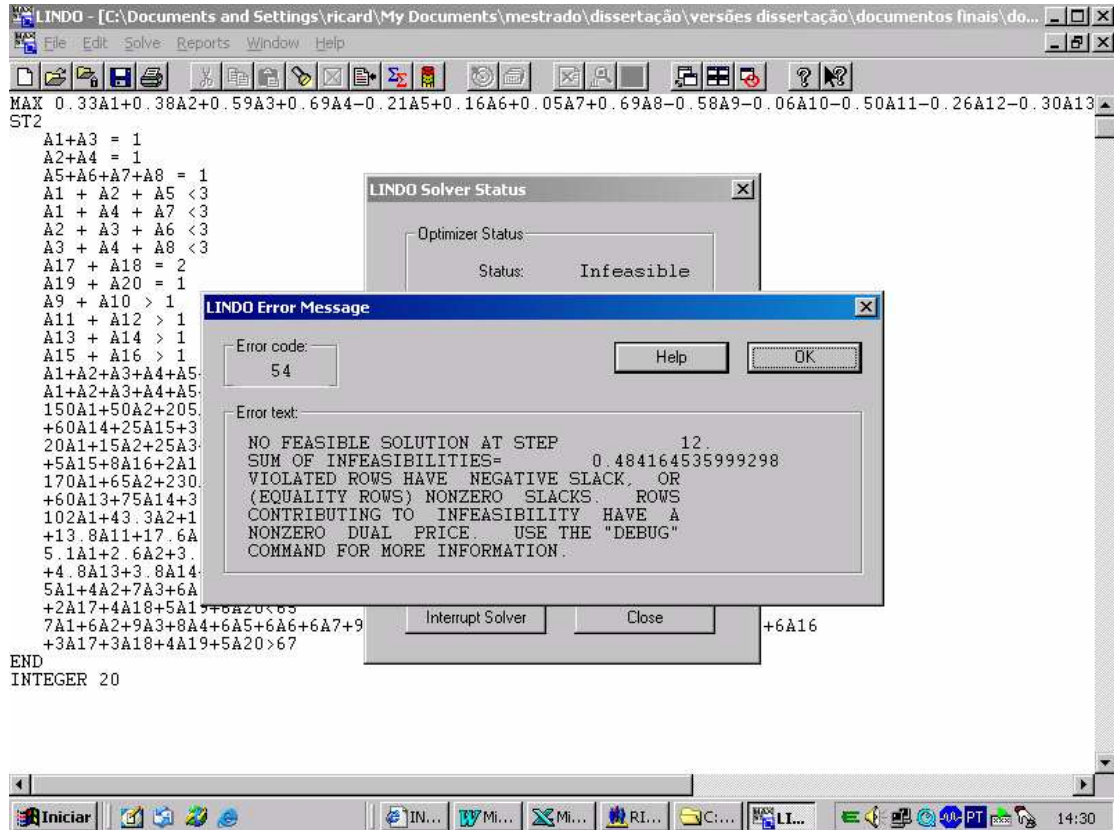


Figura 21 – Simulação para o grau de inovação.

As simulações realizadas atestam que os resultados são bastante sensíveis aos requisitos de restrições examinados. Desta forma a equipe de planejamento deve avaliar com rigor que nível de restrição deseja colocar a fim de manter as soluções viáveis.

#### **4.10 Conclusões**

O método revelou-se bastante útil para apoio às decisões envolvidas no caso estudado, pelo fato de combinar uma forma de classificar alternativas de programas de investimentos com a possibilidade de adequar tal classificação a restrições conhecidas. Dentre os resultados mais positivos obtidos com a implementação do método podem ser citados:

- Construção de uma forma organizada de se pensar sobre alternativas, o que ao contrário do temor inicial dos envolvidos de que tal fato pudesse limitar os processos existentes, cria oportunidades para se enxergar claramente diferentes pontos de vista, e permite que a avaliação assuma um caráter multidisciplinar.
- As polarizações entre redutos com conflitos de interesse são encaradas como visões profissionais diferentes sobre uma questão técnica. Com isso eliminam-se discussões estéreis, sem resultado prático.
- A partir da montagem inicial do quadro de alternativas, critérios e pesos as soluções podem ser compartilhadas com fácil entendimento, e sua validação obtida de maneira bastante prática.
- Simulações dos resultados são feitas por variações de notas e pesos funções de preferência e restrições, permitindo que a discussão se mantenha restrita a conceitos.
- A facilidade de recuperação das informações contribui para manter a motivação da equipe pois o rastreamento dos dados evita a repetição de trabalhos no futuro.

Com relação às questões práticas da aplicação do método, no que diz respeito aos resultados processados, pode-se concluir que:

- Comprovou-se a robustez do método, com os resultados dos fluxos líquidos do PROMÉTHÉE II testados em análises de sensibilidade, que permitiram observar com clareza as flutuações em relação a modificações de valores. No caso particular em

estudo o critério generalizado escolhido garantiu a transição linear na determinação das preferências entre alternativas. Tal fato revelou-se muito importante, dada a característica conservadora do grupo, que não desejava que notas de características subjetivas pudessem influenciar radicalmente as decisões. O limite de preferência desempenhou papel importante no “conforto” sobre a decisão.

- A primeira etapa do processo, qual seja o processamento no Decision Lab foi conduzida de forma bastante simples, pois as análises de sensibilidade sempre conduziram a um resultado que pudesse ser entendido pelos participantes, até que se chegasse ao resultado final representando a visão de entendimento comum. A facilidade de manipulação dos dados no *software* em muito simplificou essa tarefa.
- No que tange à submissão dos resultados de fluxos líquidos ao processamento pelo *software* LINDO, foram constatadas várias soluções do PROMÉTHÉE II sem possibilidade de otimização, concluindo-se então que o atendimento às restrições na programação linear inteira é bem mais crítica. Apesar do trabalho adicional necessário, tais ocorrências serviram para demonstrar a complexidade do problema. Esse tipo de questão, que era resolvido em forma de cortes lineares anteriormente, passa a ser tratada de forma mais eficiente, deixando claras as premissas assumidas.
- Faz-se necessário então reavaliar os dados das alternativas e restrições com a finalidade de se obter soluções de compromisso. Nesse caso, a vantagem do método é dispor de ferramentas computacionais que permitem elaborar os cálculos de forma bastante rápida, embora tal rapidez esteja associada ao conhecimento da sintaxe de programação do LINDO. Esse é um trabalho que pode ser feito pelo analista de decisão, sem necessidade de envolver todos os agentes de decisão em longas reuniões, prática que era praxe no processo anterior para resolver eventuais impasses.

Chega-se então à conclusão que a aplicação do método consegue atingir seu propósito no sentido de organizar um processo de decisão complexo, que pressupõe interatividade e simulações, chegando a um resultado que dá transparência aos caminhos percorridos, e fornece uma base comum de entendimento para todos envolvidos.

#### **4.11 Recomendações para pesquisas adicionais**

Como recomendações para pesquisas a serem feitas para complementar ou mesmo reforçar os resultados alcançados nesse estudo sugere-se:

- A classificação de projetos e sua posterior confrontação com restrições, como era escopo desse trabalho, não contemplou a análise clássica financeira dos projetos individualmente. A qualidade das decisões tomadas pode ser testada posteriormente por meio de um estudo que as correlacione com análises financeiras *post mortem* dos projetos, de forma a se comparar as hipóteses assumidas no planejamento com dados efetivamente realizados na execução.
- O uso da versão completa do Decision Lab permitiria que algumas das restrições avaliadas pela programação linear fosse remetida diretamente ao PROMÉTHÉE II, eliminando a necessidade de parte das simulações feitas. Considerando os custos operacionais de uso dos dois *softwares*, uma avaliação poderia ser feita para determinar a partir de quando o uso da versão completa se torna mais atraente.
- Dadas as citadas dificuldades operacionais no tratamento das simulações com o *software* LINDO, seria de utilidade o desenvolvimento de uma ferramenta para mecanizar os cálculos a serem efetuados para identificar valores e restrições que inviabilizam a otimização dos fluxos líquidos, estabelecendo uma relação mais direta entre os dados no Decision Lab e no LINDO.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BANA E COSTA, C.A.; DE CORTE, J-M.; VANSNICK, J-C. **MACBETH**. London School of Economics Working Paper, 2003.

BARDAN, I.; BAGCHI, S.; SOUGSTAD,R. **Prioritizing a Portfolio of Information Technology Investment Projects**. Journal of Management Information Systems, v. 21, n. 2, p. 33-60, out 2004.

BELTON, V.; STEWART, T. J. **Multiple criteria decision analysis: an integrated approach**. Boston: Kluwer Academic Press, p.1-5, 2002.

BOUYSSOU, D. **Some remarks on the notion of compensation in MCDM**. European Journal of Operational Research, n. 26, p. 150-160, 1986.

BOUYSSOU, D. **Building Criteria: A Prerequisite for MCDA**. LAMSADE, Université de Paris Dauphine, 1990.

BRACHE, A P.; BODLEY-SCOT, S. **Which Initiatives Should You Pursue?**. Harvard Management Update, v. 11, n. 10, p. 3-5, out 2006.

BRANS, J-P.; VINCKE, P.; MARESCHAL, B. **How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method**. European Journal of Operational Research, n. 24, p. 297-310, 1986.

BRANS, J-P.; MARESCHAL, B. **PROMÉTHÉE-GAIA Une Méthodologie D'Aide à la Décision en Présence de Critères Multiples**. Bruxelles: Éditions de l'Université de Bruxelles, 2002.

BRANS, J-P.; MARESCHAL, B. **PROMÉTHÉE V: MCDM PROBLEMS WITH SEGMENTATION CONSTRAINTS**. INFOR Journal: Information Systems & Operational Research, v. 30, n. 2, p. 85-96, mai 1992.

BUCHANAN, L.; O' CONNELL, A. **A Brief History of Decision Making**. Harvard Business Review.

CÁNEZ, L.; GARFIAS, M. **Portfolio Management in the Literature**. Research Technology Management, v. 49,n. 4, p. 52-54, jul-ago 2006.

CLEMEN, R. T.; REILLY, T. **Making Hard Decisions: An Introduction to Decision Analysis**. Pacific Grove: Duxbury, 2001.

DAVIES, T. **Noncompensatory Rules, Voting and Welfare**. Symbolic Systems Programs, Stanford University, abr 2007.

DECISION LAB 2000: Prométhée-Gaia software. Version 1.01.0386, ULB/VLB Students: Visual Decision Inc.

DIAKOULAKY, D.; GRAFAKOS, S. **Multicriteria Analysis – Final Report on Work Package 4**. National Technical University Athens, Greece nov 2004.

DINSMORE, P.C.; CAVALIERE, A. **Como se Tornar um Profissional em Gerenciamento de Projetos**. Rio de Janeiro: Ed Qualitymark , 2003.

GELDERMAN, J.; RENTZ, O. **Bridging the Gap between American and European MADM - Approaches**. Apresentado no 51<sup>o</sup>-Encontro do Grupo Europeu de Trabalho em “Multicriteria Aid for Decisions”, 30-31-mai-2000.

GOMES, L. F. A. M. **Teoria da Decisão**. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

GOMES, L. F. A. M.; ARAYA, M. C. G.; CARIGNANO, C. **Tomada de decisões em cenários complexos: introdução aos métodos discretos do apoio multicritério à decisão**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

GOMES, L. F. A. M.; LIMA, M. M. P. P. **From modeling individual preferences to multicriteria ranking of discrete alternatives: a look at prospect theory and the additive difference model.** Foundations of computing and decision sciences, v. 17, n. 3, p. 171-184, 1992

GOODWIN, P.; WRIGHT, G. **Decision analysis for management judgment.** Chichester: John Wiley & Sons, 2000.

HERMAN, M. Jr. **A Multi-Criterion Decision Making Approach to Problem Solving.**

Disponível em:

<<http://www.poms.ucl.ac.be/etudes/notes/qant2100/Promethee%20Shape.ppt>>. Acesso em : 08.out. 2007.

KAHNEMAN, D.; TVERSKY, A. **Prospect Theory: an analysis of decision under risk.** Econometrica, v. 47, p. 263-292, 1979

KEENEY, R. L. **Creativity in MS/OR: Value-Focused Thinking – Creativity Directed toward Decision Making.** Interfaces, v. 23, n. 3, p. 62-67, mai-jun 1993.

KEENEY, R. L.; RAIFFA, H. **Decisions with multiple objectives: preferences and value tradeoffs.** Cambridge: Cambridge University Press, 1999.

KEENEY, R. L. **Making Better Decision Makers.** Decision Analysis, v. 1, n. 4, p. 193-204, dez 2004.

KEISLER, J. **Value of Information in Portfolio Decision Analysis.** Decision Analysis, v. 1, n. 3, p. 177-189, set 2004.

LINDO 6.1 for Windows. Demo Version. LINDO Systems Inc.

MANAGEMENT GUIDE TO PROJECT SUCCESS. Publicado por New York State Office of Technology, 2002.

MILLER, G. A. **The Magical Number Seven, Plus or Minus Two Some Limits on Our Capacity for Processing Information.** Psychological Review, v. 101, n. 2, p. 343-352, 1956.

MINTZBERG, H. **Managing on the edges.** International Journal of Public Sector Management, v. 10, n. 3, p. 131-154, 1997.

MORAIS, D. C.; ALMEIDA, A. T. **MODELO DE DECISÃO EM GRUPO PARA GERENCIAR PERDAS DE ÁGUA.** Pesquisa Operacional, v. 26, n. 3, p. 567-584, set-dez 2006.

OMANN, I. **How can Multicriteria Decision Analysis contribute to environmental policy making? A case study on macro-sustainability in Germany.** Third International Conference of the European Society for Ecological Economics, Vienna, Austria, mai 2000.

OZERNOY, V.M. **Choosing the “best” Multiple Criteria Decision-Making Method.** INFOR, v. 30, n. 2, p. 159-171, mai 1992.

PMBOK<sup>®</sup> Guide. **A GUIDE TO THE PROJECT MANAGEMENT BODY OF KNOWLEDGE** – Third Edition CD-ROM

RAUSCHMAYER, F. **UFZ – DISCUSSION PAPERS.** Department of Economics, Sociology and Law (OEKUS). mar 2003.

ROY, B. **Méthologie Multicritère d’Aide à Décision.** Paris: Economica, 1985.



## 6. ANEXOS

### Anexo I – Pesquisa – Seleção de critérios e pesos – Definição dos critérios

#### Definição dos critérios

<b>Alinhamento com a estratégia</b>	Avalia o quanto o projeto está alinhado com o plano estratégico, refletindo a visão da gerência executiva da empresa.
<b>Dificuldade de implementação</b>	Mede a viabilidade da solução em análise, considerando os recursos existentes de infraestrutura, recursos humanos incluídos, logística e a arquitetura projetada, com seus riscos associados.
<b>Inovação</b>	Expressa o valor relativo de inovação na comparação par a par dos projetos envolvidos. A inovação deve ser mensurada em termos do que já existe na empresa e uma visão do que o mercado pratica.
<b>Impacto no meio ambiente</b>	Reflete a possibilidade de problemas com os órgãos fiscalizadores de meio ambiente, baseada em ocorrências históricas.
<b>Crescimento de vendas</b>	Mede o impacto direto na receita da empresa
<b>Vantagem competitiva</b>	Avalia a oportunidade de se obter uma vantagem ou eliminar uma desvantagem em relação aos concorrentes, função de conhecimento do mercado.
<b>Satisfação dos clientes</b>	Mede o grau em que a implementação do projeto possibilita o aumento da satisfação dos clientes. Fundamentado na experiência dos envolvidos com reclamações em soluções existentes, ou melhorias solicitadas pelos mesmos.

## Anexo I – Pesquisa- Formulário para seleção de critérios e pesos – Valoração

### Levantamento de dados para definição de critérios e pesos na seleção de projetos

Como um dos principais envolvidos no processo de avaliação de proposição de projetos de engenharia e sua expertise no assunto, você foi selecionado para preencher os dados da tabela abaixo. Esses dados serão usados em minha dissertação de mestrado que trata de uma metodologia para construção de um portfólio de projetos em um Plano de Investimentos **sob a visão da área de tecnologia**. É usado um método de apoio a decisão da escola européia, e a definição de critérios e seus pesos são dados de entrada do método. Os nove critérios da tabela foram recolhidos da literatura existente como sendo critérios normalmente usados nesse tipo de problema. Agradeceria muito sua ajuda nessa tarefa. **Não se preocupe com a subjetividade de alguns dos dados. O objetivo é exatamente captar sua opinião, mesmo que apenas intuitiva sobre o assunto.** O método dispõe de ferramentas de análise de sensibilidade para avaliar flutuações entre valores.

**ATENÇÃO:** Antes de preencher leia as definições dos critérios e as instruções abaixo.  
Dúvidas favor me contatar. Ricardo Resende ramal 9840, celular 9361-2421

Dados para seleção de critérios e pesos				
Número	Critério	Precisão	Prioridade	Peso
1	Alinhamento com a estratégia			
2	Dificuldade de implementação			
3	Inovação			
4	Impacto no meio ambiente			
5	Crescimento de vendas			
6	Vantagem competitiva			
7	Satisfação dos clientes			
8	Satisfação dos empregados			
9	Segurança operacional			

#### Instruções para preenchimento

**Precisão:** Informar o grau de precisão que você tem em relação à obtenção de dados referentes ao critério. Representa a credibilidade em relação a nota que será dada quando da avaliação de uma proposta de projeto frente a esse critério. Atribuir uma das seguintes notas:

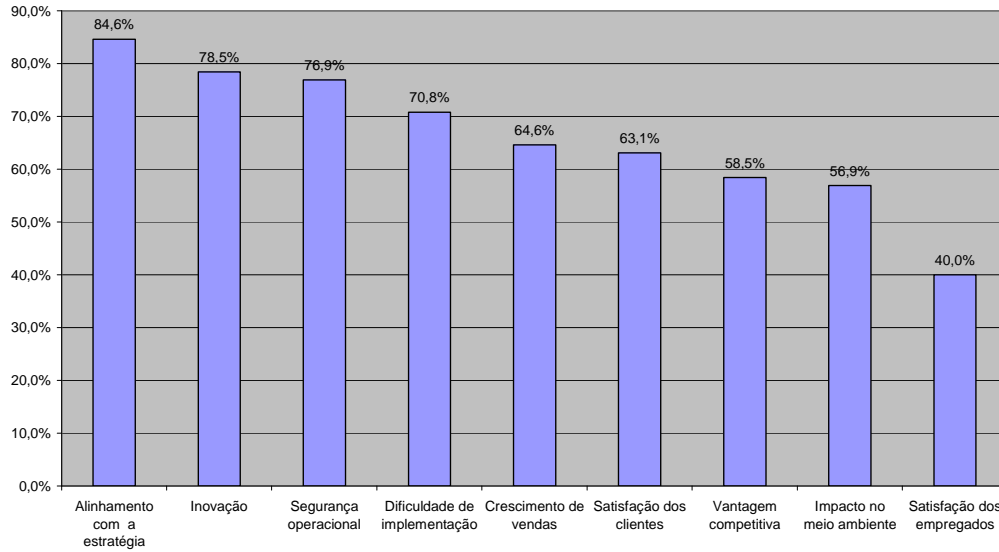
- 1 - Dados inexistentes
- 2 - Baixa precisão
- 3 - Média precisão
- 4 - Alta precisão
- 5 - Precisão absoluta.

**Prioridade:** Informar aqui a sua visão sobre a ordem de importância dos critérios para avaliação dos projetos. Numerar o critério mais importante como 1 e o menos importante 9. Não pode haver repetição de número.

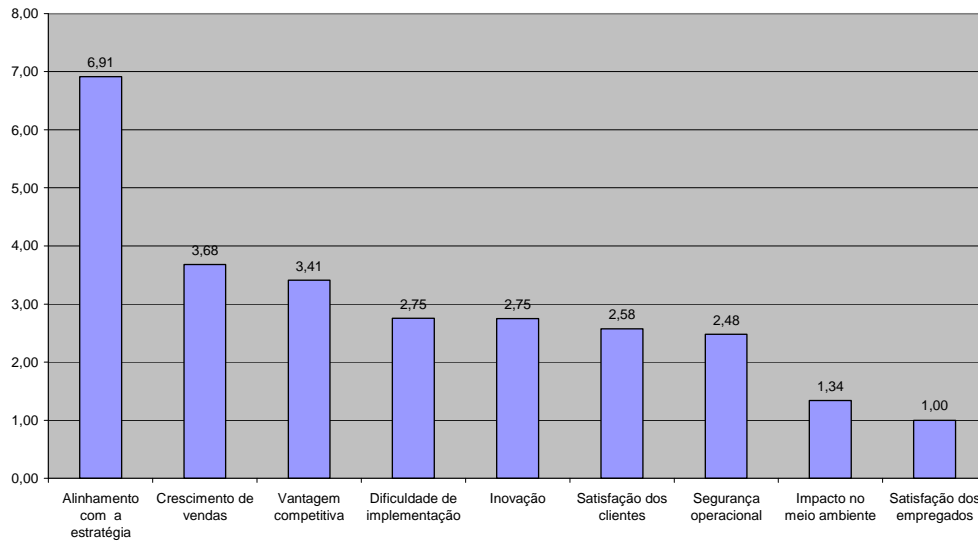
**Peso:** Para definição do peso que o critério tem na avaliação dos projetos. Usar uma escala de 1 a 10, representando a ordem crescente dos pesos. Os valores devem ser referenciados ao critério de maior peso (10). Pode haver repetição de números, **mas a ordem deve ser compatível com o grau de importância fornecida em prioridade.**

## Anexo II – Pesquisa - Compilações de critérios e peso

Grau de Precisão dos Critérios



Perfil de priorização dos critérios



Anexo III – Análise de sensibilidade em relação a pesos

Ord.	Resultado		Uniforme		Pesquisa		Redução		Inversão 1		Inversão 2	
	Alt.	$\phi$	Alt.	$\phi$	Alt.	$\phi$	Alt.	$\phi$	Alt.	$\phi$	Alt.	$\phi$
	C <sub>1</sub> =10 C <sub>2</sub> =9 C <sub>3</sub> =8		C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> e C <sub>3</sub> =10		C <sub>1</sub> =10 C <sub>2</sub> =8 C <sub>3</sub> =6		C <sub>1</sub> =10 C <sub>2</sub> =6 C <sub>3</sub> =4		C <sub>1</sub> =8 C <sub>2</sub> =10 C <sub>3</sub> =9		C <sub>1</sub> =6 C <sub>2</sub> =10 C <sub>3</sub> =8	
1	A4	+0,69	A8	+0,69	A4	+0,70	A4	+0,72	A8	+0,70	A8	+0,70
2	A8	+0,69	A4	+0,68	A8	+0,68	A8	+0,66	A4	+0,68	A4	+0,67
3	A3	+0,59	A3	+0,57	A3	+0,62	A3	+0,65	A3	+0,56	A3	+0,56
4	A20	+0,49	A20	+0,49	A20	+0,50	A20	+0,51	A20	+0,48	A20	+0,47
5	A2	+0,38	A2	+0,40	A2	+0,35	A2	+0,32	A2	+0,39	A2	+0,38
6	A1	+0,33	A1	+0,35	A1	+0,31	A1	+0,29	A1	+0,34	A1	+0,33
7	A6	+0,16	A6	+0,15	A6	+0,16	A19	+0,17	A6	+0,18	A6	+0,22
8	A14	+0,16	A14	+0,15	A14	+0,16	A6	+0,14	A14	+0,18	A14	+0,22
9	A19	+0,15	A19	+0,15	A19	+0,16	A14	+0,14	A19	+0,14	A19	+0,13
10	A7	+0,05	A7	+0,04	A7	+0,07	A7	+0,10	A7	+0,03	A7	+0,01
11	A10	-0,06	A10	-0,07	A10	-0,04	A10	-0,03	A10	-0,06	A10	-0,04
12	A16	-0,14	A16	-0,16	A16	-0,10	A16	-0,09	A16	-0,14	A16	-0,12
13	A5	-0,21	A5	-0,19	A12	-0,23	A12	-0,20	A5	-0,18	A5	-0,18
14	A12	-0,26	A13	-0,27	A5	-0,24	A5	-0,27	A12	-0,28	A12	-0,28
15	A13	-0,30	A12	-0,28	A13	-0,32	A13	-0,35	A13	-0,28	A13	-0,29
16	A17	-0,41	A17	-0,37	A17	-0,47	A11	-0,48	A17	-0,38	A17	-0,39
17	A11	-0,50	A11	-0,50	A11	-0,49	A17	-0,52	A11	-0,51	A11	-0,52
18	A9	-0,58	A9	-0,59	A9	-0,56	A9	-0,54	A9	-0,60	A9	-0,61
19	A18	-0,62	A18	-0,60	A15	-0,60	A15	-0,57	A18	-0,61	A18	-0,62
20	A15	-0,62	A15	-0,64	A18	-0,64	A18	-0,66	A15	-0,65	A15	-0,66

Anexo IV – Análise de sensibilidade em relação aos limites e funções de preferência

	Resultado		Mínimo III		Máximo III		Resultado V		Padrão V	
	Função III		Função III		Função III		Função V		Função V	
	$C_1, p=3$		$C_1, p=1$		$C_1, p=5$		$C_1, q=1, p=3$		$C_1, q=1, p=5$	
	$C_2, p=2$		$C_2, p=1$		$C_2, p=6$		$C_2, q=1, p=2$		$C_1, q=2, p=6$	
	$C_3, p=2$		$C_3, p=1$		$C_3, p=7$		$C_3, q=1, p=2$		$C_1, q=3, p=7$	
Ord.	Alt.	$\phi$	Alt.	$\phi$	Alt.	$\phi$	Alt.	$\phi$	Alt.	$\phi$
1	A4	+0,69	A4	+0,79	A4	+0,41	A4	+0,62	A4	+0,33
2	A8	+0,69	A8	+0,79	A8	+0,38	A8	+0,61	A3	+0,30
3	A3	+0,59	A3	+0,68	A3	+0,37	A3	+0,53	A8	+0,30
4	A20	+0,49	A20	+0,57	A20	+0,28	A20	+0,45	A20	+0,21
5	A2	+0,38	A2	+0,43	A2	+0,23	A2	+0,35	A2	+0,19
6	A1	+0,33	A1	+0,39	A1	+0,18	A1	+0,30	A1	+0,14
7	A6	+0,16	A19	+0,20	A19	+0,09	A6	+0,14	A19	+0,07
8	A14	+0,16	A6	+0,18	A6	+0,09	A14	+0,14	A6	+0,07
9	A19	+0,15	A14	+0,18	A14	+0,09	A19	+0,13	A14	+0,07
10	A7	+0,05	A7	+0,08	A7	+0,05	A7	+0,05	A7	+0,04
11	A10	-0,06	A10	-0,05	A10	-0,01	A10	-0,06	A10	-0,01
12	A16	-0,14	A16	-0,13	A16	-0,06	A16	-0,13	A16	-0,05
13	A5	-0,21	A12	-0,27	A12	-0,12	A5	-0,18	A5	-0,08
14	A12	-0,26	A5	-0,27	A5	-0,12	A12	-0,24	A12	-0,09
15	A13	-0,30	A13	-0,36	A13	-0,18	A13	-0,26	A13	-0,13
16	A17	-0,41	A17	-0,50	A11	-0,27	A11	-0,38	A11	-0,20
17	A11	-0,50	A11	-0,58	A9	-0,31	A9	-0,45	A9	-0,24
18	A9	-0,58	A9	-0,66	A17	-0,33	A17	-0,53	A15	-0,28
19	A18	-0,62	A15	-0,73	A15	-0,36	A18	-0,55	A17	-0,28
20	A15	-0,62	A18	-0,72	A18	-0,42	A15	-0,56	A18	-0,35

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)