

MARCELO GRANGEIRO QUIRINO

**INCORPORAÇÃO DAS RELAÇÕES DE  
SUBORDINAÇÃO NA MATRIZ DE ORDENAÇÃO - ROBERTS  
EM MCDA QUANDO OS AXIOMAS DE ASSIMETRIA E  
TRANSITIVIDADE NEGATIVA SÃO VIOLADOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação  
em Engenharia de Produção da Universidade  
Federal de Santa Catarina para a obtenção  
do grau de Doutor em Engenharia de Produção.

Florianópolis, dezembro de 2002

## **Marcelo Grangeiro Quirino**

Incorporação das Relações de Subordinação na Matriz de Ordenação - Roberts em MCDA quando os Axiomas de Assimetria e Transitividade Negativa são Violados.

Esta Tese foi julgada adequada para a obtenção do Título de Doutor em Engenharia de Produção e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, na Universidade Federal de Santa Catarina.

---

Prof. Edson Pacheco Paladini, Dr. - Coordenador

BANCA EXAMINADORA:

---

Prof. Leonardo Ensslin, Ph. D. - Orientador

---

Prof. Gilberto Montibeller Filho, Dr. - Moderador

---

Prof. Geraldo Nunes Sobrinho, Dr. - Membro Externo

---

Prof. Élio Holz, Dr. - Membro Externo

---

Prof. Rogério Cid Bastos, Dr. - Membro

---

Prof. Álvaro Guilherme Rojas Lezana, Dr. - Membro

## **DEDICATÓRIA**

*A Deus, o Grande Arquiteto do Universo, por haver-me  
dado, forças e saúde para concretizar  
este tão difícil e importante empreendimento da minha vida.*

*A Marcele e João Marcelo, meus filhos,  
que, embora  
muito crianças, para entenderem a  
minha ausência,  
nesses quatro anos e meio fora do lar.*

*À Jussara, minha companheira, que, com muito amor,  
paciência e compreensão, recebeu-me de braços  
abertos a cada volta ao lar .*

*A Manoel Quirino, meu querido pai, “ in memorian”, por  
ter-me ensinado a conquistar meus ideais.*

*À Helena, minha mãe e Marconi, Mônica, Maria Helena,  
Marise, Magnólia e Márcio, meus irmãos, que, de muito  
longe torceram por minha vitória e felicidade.*

## AGRADECIMENTO

- Agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho. Sem o apoio e a colaboração de todas as pessoas e instituições, nada haveria de ser concretizado.
- Ao professor Doutor Leonardo Ensslin pela orientação constante e ilimitada, tanto na fase da pesquisa quanto na elaboração da tese, ensejando-me, ao longo da jornada, os conhecimentos teóricos e práticos necessário.
- À Fundação CAPES, da qual sou funcionário, pelo apoio imprescindível à realização do doutorado. Especial agradecimento ao Professor Doutor Fernando Spagnolo, grande incentivador e ao Professor Doutor Geraldo Nunes pela oportunidade de desenvolver o estudo de caso em sua coordenadoria. Finalmente, a todos os colegas que, embora não citados, colaboraram comigo.
- A Universidade Católica de Brasília, da qual sou professor, pelo apoio indispensável, liberando-me do trabalho, com vencimentos, por quatro anos e meio.
- À amiga de doutorado, Gretel Villamonte, que dedicou grande parte de seu tempo, contribuindo com valiosas críticas e sugestões para que eu pudesse seguir trabalhando.
- Ao amigo, também do doutorado, Sérgio Petri, responsável técnico do LAbMCDA, pelo apoio nos procedimentos burocráticos e no suporte de informática.

## SUMÁRIO

<b>Listas de Figuras</b> .....	viii
<b>Siglas</b> .....	xvii
<b>Resumo</b> .....	xviii
<b>Abstract</b> .....	xix
<b>CAPÍTULO 1 – Introdução</b> .....	01
1.1 – Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão.....	01
1.2 – Problema de Ordenação.....	05
1.3 – Metodologia Científica de Pesquisa.....	06
1.4 – Objetivos a Atingir.....	07
1.4.1– Objetivo Geral.....	07
1.4.2 – Objetivos Específicos.....	07
1.5 – Estudo de Caso.....	08
1.6 – Organização do Perfil do Trabalho.....	09
<b>CAPÍTULO 2 – Fundamentos Teóricos</b> .....	11
2.1 – Processo Decisório.....	11
2.2 – Escolha da Metodologia MCDA.....	13
2.3 – Fontes de Imprecisão em Modelos.....	15
2.4 – Visões Epistemológicas.....	17
<b>CAPÍTULO 3 – Estruturação do Modelo</b> .....	20
3.1 – Contexto Decisório.....	20
3.2 – Estruturação do Modelo.....	22
3.3 – Definição de um Rótulo.....	23
3.4 – Subsistema de Atores.....	23
3.5 – Elementos Primários de Avaliação.....	24
3.5.1 – Construção de Conceitos a partir dos EPA.....	26
3.6 – Mapas Cognitivos.....	28
3.6.1 – Construção do Mapa Cognitivo.....	28
3.6.2 – Validação do Mapa Cognitivo.....	31
3.7 – Análise do Mapa Cognitivo.....	34
3.7.1 – Identificação das Áreas de Interesses.....	34
3.7.2 – Identificação dos Candidatos a Pontos de Vistas Fundamentais (PVF).....	37
3.7.2.1 – Identificação dos Ramos do Mapa Cognitivo.....	37

3.7.2.2 – Enquadramento do Processo Decisório.....	40
3.7.3 – Identificação do Ponto de Vista Fundamental.....	42
3.8 – Construção da Árvore de Valor.....	44
3.8.1 – Estrutura da Árvore de Valor.....	45
3.9 – Descritores.....	47
3.9.1 – Tipos de escritores.....	48
3.9.2 – Teste da Independência Mútua.....	50
3.9.3 – Construção dos Descritores.....	51
3.9.3.1 – Níveis de Impacto Bom e Neutro de um Descritor.....	55
3.10 – Função de Valor.....	57
3.10.1 – Construção de Função de Valor.....	57
3.10.2 – Transformação de Escalas de Intervalo.....	61
3.11 – Violação do Axioma de Assimetria.....	66
3.11.1 – Definição e Aplicação da Matriz de Ordenação – Roberts.....	67
<b>CAPÍTULO 4 – Avaliação Global.....</b>	<b>76</b>
4.1 – Taxa de Substituição.....	76
4.1.1 – Determinação das Taxas de Substituição dos Critérios.....	77
4.1.2 – Violação do Axioma da Transitividade Negativa.....	81
4.1.3 – Determinação das Taxas de Substituição dos Subcritérios.....	83
4.2 – Avaliação das Ações Potenciais.....	89
4.2.1 – Avaliação Local das Ações Potenciais.....	90
4.2.2 – Perfil de Impacto das Ações Potenciais.....	94
4.2.3 – Fórmula de Agregação Aditiva Global.....	104
4.2.4 – Fórmula de Agregação Aditiva Parcial.....	109
4.2.4.1 – Avaliação Parcial dos Candidatos.....	114
4.2.5 – Avaliação Global dos Candidatos.....	118
4.2.5.1 – Avaliação dos Candidatos Tecnicamente Empatados.....	123
4.2.6 – Análise de Dominância.....	129
4.2.7 – Análise de Sensibilidade.....	131
4.2.7.1 – Robustez do Modelo à Variação das Taxas de Substituição.....	132
<b>CAPÍTULO 5 – Pressuposto Teórico do Problema de Ordenação.....</b>	<b>140</b>
5.1 – Teoria da Medida.....	140
5.2 – Natureza da Medida.....	141
5.3 – Base Axiomática da Medida.....	143
5.4 – Escalas de Medida.....	144
5.4.1 – Escala Nominal.....	145
5.4.2 – Escala Ordinal.....	146

5.4.3 – Escala de Intervalo.....	147
5.4.4 – Escala de Razão.....	147
5.5 – Formas de Medida.....	148
5.6 – Procedimentos Matemáticos.....	149
5.7 – Representação de Medida Ordinal – Escala Ordinal.....	155
5.7.1 – Teorema da Matriz de Ordenação - Roberts e sua Aplicação.....	156
5.7.2 – Aplicação da Matriz numa Relação Estritamente Preferível.....	157
5.7.3 – Discussão sobre a Violação dos Axiomas.....	162
5.8 – Conceitos de Subordinação.....	166
5.8.1 – Notações Preliminares e Definições.....	166
5.8.2 – Limiar de Indiferença.....	168
5.8.3 – Limiar de Preferência.....	170
5.8.4 – Conclusões sobre Relações de Subordinação.....	172
5.8.4 – Incorporação das Relações de Subordinação na Matriz de Ordenação – Roberts.....	174
5.8.5 – Conclusão do Capítulo.....	175
<b>CAPÍTULO 6 – Considerações Finais.....</b>	<b>177</b>
6.1 – Conclusões.....	177
6.2 – Objetivos Atingidos.....	178
6.3 – Vantagens da Utilização da Metodologia MCDA.....	179
6.4 – Limitação na Utilização da Metodologia MCDA.....	180
6.5 – Sugestões para Pesquisas Futuras.....	181
6.5.1 – Sugestões para Aplicação da Metodologia MCDA.....	181
6.5.2 – Sugestões para Utilização do Modelo Construído.....	182
6.6 – Sugestões para Futura Pesquisa Teórica.....	183
<b>Referência Bibliográfica.....</b>	<b>184</b>
<b>Bibliografia Consultada.....</b>	<b>188</b>
<b>APÊNDICE A – Figuras .....</b>	<b>190</b>
<b>APÊNDICE B – Cálculos das Avaliações Parciais e Globais dos Candidatos .....</b>	<b>275</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Contexto decisório dentro da estrutura da CAPES.....	21
Figura 2 – Identificação pelos atores dos elementos primários de avaliação (EPA).....	25
Figura 3 – Identificação pelos atores dos conceitos e o oposto psicológico.....	27
Figura 4 – Construção dos conceitos em direção aos fins.....	29
Figura 5 – Construção dos conceitos em direção aos meios.....	30
Figura 6 – Estrutura do mapa cognitivo e validado pelo decisor.....	32
Figura 7 – Mapa cognitivo completo.....	33
Figura 8 – Mapa cognitivo com as áreas de interesses.....	35
Figura 9 – Ilustração do mapa cognitivo da área de interesse Potencial do Candidato.....	36
Figura 10 – Mapa cognitivo com as áreas de interesse e os ramos identificados.....	38
Figura 11 – Identificação dos ramos na área de interesse Potencial do Candidato no mapa cognitivo.....	
.....	
Figura 12 – Ilustração do processo de enquadramento de um ramo.....	46
Figura 13 – Ilustração do enquadramento do ramo 1 da área de interesse Potencial do Candidato....	
Figura 14 – Árvore de valor com seus eixos de avaliações.....	47
Figura 15 – Estrutura genérica da árvore de valor do estudo de caso validado pelo decisor.....	48
Figura 16 – Apresentação do PVF 1 – Envolvimento do Candidato com Área e com seus PVE da árvore de valor.....	51
Figura 17 – Classificação dos tipos de descritores.....	52
Figura 18 – Fluxograma para gerar um descritor construído.....	53
Figura 19 – Estados possíveis dos PVE 1.1.1 – Vínculo Empregatício na Área e o PVE 1.1.2 – Produção Artística.....	54
Figura 20 – Estados possíveis de um descrito.....	55
Figura 21 – Descritor do PVE 1.1.1 – Vínculo Empregatício na Área.....	56
Figura 22 – Descritor do PVE 1.1.2 – Produção Artística.....	56
Figura 23 – Descritor com os níveis de impacto Bom e Neutro.....	59
Figura 24 – Descritor com os níveis Bom e Neutro do PVE 1.1.1 – Vínculo Empregatício na Área...	60
Figura 25 – Descritor com os níveis Bom e Neutro do PVE 1.1.2 – Produção Artística.....	61
Figura 26 – Ilustração da construção da matriz semântica usando o <i>software</i> MACBETH.....	
Figura 27 – Descritor do PVE 1.1.1 – Vínculo Empregatício na Área com a função de valor.....	62
Figura 28 – Descritor do PVE 1.1.2 – Produção Artística com a função de valor.....	
Figura 29 – Descritor com o nível de impacto Bom ancorado com a função de valor 100 e ancorado no nível Neutro em 0.....	63
Figura 30 – Descritor do PVE 1.1.1 – Vínculo Empregatício na Área com as funções de valor e as funções de ancoragem.....	63



Figura 31 – Determinação das funções de valor e das funções de ancoragem pelo método de julgamento semântico – MACBETH do PVE 1.1.1 – Vínculo Empregatício na Área.....	64
Figura 32 – Representação gráfica do descritor do PVE 1.1.1 – Vínculo Empregatício na Área.....	65
Figura 33 – Descritor do PVE 1.1.2 – Produção Artística com as funções de valor e com as funções de ancoragem.....	65
Figura 34 – Determinação das funções de valor e das funções de ancoragem pelo método do julgamento semântico - MACBETH do PVE 1.1.2 – Produção Artística.....	66
Figura 35 – Representação gráfica do descritor PVE 1.1.2 – Produção Artística. ....	69
Figura 36 – Ilustração da Matriz de Ordenação – Roberts.....	70
Figura 37 – Ilustração de todas as combinações possíveis realizadas como os PVE 1.3.1 e 1.3.2.....	71
Figura 38 – Apresentação de todas as combinações possíveis dos estados dos PVE 1.3.1 e 1.3.2...	72
Figura 39 – Apresentação da hierarquização das combinações possíveis dos estados dos PVE 1.3.1 e 1.3.2.....	75
Figura 40 – Apresentação da hierarquização das combinações possíveis dos estados dos PVE 1.3.1 e 1.3.2.....	78
Figura 41 – Apresentação da hierarquização das combinações possíveis dos estados dos PVE 1.3.1 e 1.3.2.....	79
Figura 42 – Apresentação da hierarquização das combinações possíveis dos estados dos PVE 1.3.1 e 1.3.2.....	81
Figura 43 – Apresentação da hierarquização das combinações possíveis dos estados dos PVE 1.3.1 e 1.3.2.....	82
Figura 44 – Apresentação da hierarquização das combinações possíveis dos estados dos PVE 1.3.1 e 1.3.2.....	84
Figura 45 – Apresentação da hierarquização das combinações possíveis dos estados dos PVE 1.3.1 e 1.3.2.....	84
Figura 46 – Apresentação da hierarquização das combinações possíveis dos estados dos PVE 1.3.1 e 1.3.2.....	85
Figura 47 – Apresentação da hierarquização das combinações possíveis dos estados dos PVE 1.3.1 e 1.3.2.....	86
Figura 48 – Apresentação da hierarquização das combinações possíveis dos estados dos PVE 1.3.1 e 1.3.2.....	87
Figura 49 – Apresentação da hierarquização das combinações possíveis dos estados dos PVE 1.3.1 e 1.3.2.....	87
Figura 50 – Apresentação da hierarquização das combinações possíveis dos estados dos PVE 1.3.1 e 1.3.2.....	88
Figura 51 – Apresentação da hierarquização das combinações possíveis dos estados dos PVE 1.3.1 e 1.3.2.....	88
Figura 52 – Apresentação da hierarquização das combinações possíveis dos estados dos PVE 1.3.1 e 1.3.2.....	89
Figura 53 – Apresentação da hierarquização das combinações possíveis dos estados dos PVE 1.3.1 e 1.3.2.....	89
Figura 54 – Apresentação da hierarquização das combinações possíveis dos estados dos PVE 1.3.1 e 1.3.2.....	92
Figura 55 – Apresentação da hierarquização das combinações possíveis dos estados dos PVE 1.3.1 e 1.3.2.....	95
Figura 56 – Apresentação da hierarquização das combinações possíveis dos estados dos PVE 1.3.1 e 1.3.2.....	97
Figura 57 – Apresentação da hierarquização das combinações possíveis dos estados dos PVE 1.3.1 e 1.3.2.....	99
Figura 58 – Apresentação da hierarquização das combinações possíveis dos estados dos PVE 1.3.1 e 1.3.2.....	101
Figura 59 – Apresentação da hierarquização das combinações possíveis dos estados dos PVE 1.3.1 e 1.3.2.....	103
Figura 60 – Apresentação da hierarquização das combinações possíveis dos estados dos PVE 1.3.1 e 1.3.2.....	107
Figura 61 – Apresentação da hierarquização das combinações possíveis dos estados dos PVE 1.3.1 e 1.3.2.....	109
Figura 62 – Apresentação da hierarquização das combinações possíveis dos estados dos PVE 1.3.1 e 1.3.2.....	118
Figura 63 – Apresentação da hierarquização das combinações possíveis dos estados dos PVE 1.3.1 e 1.3.2.....	119
Figura 64 – Apresentação da hierarquização das combinações possíveis dos estados dos PVE 1.3.1 e 1.3.2.....	124

Figura 53 – Avaliação local dos candidatos determinado pelo <i>software</i> HIVIEW.....	130
Figura 54 – Perfil de impacto do candidato 1.....	134
Figura 55 – Perfil de impacto do candidato 2.....	135
Figura 56 – Perfil de impacto do candidato 3.....	136
Figura 57 – Perfil de impacto do candidato 4.....	137
Figura 58 – Perfil de impactos dos candidatos 1,2,3 e 4.....	138
Figura 59 – Fórmula da agregação aditiva do modelo com as taxas de substituição .....	141
Figura 60 – Fórmula da agregação aditiva global do modelo em forma de palavras.....	145
Figura 61 – Avaliação parcial dos candidatos nos critérios.....	146
Figura 62 – Resumo das avaliações dos candidatos.....	147
Figura 63 – Descrição das avaliações locais e nos subcritérios dos candidatos 1, 2, 3 e 4.....	148
Figura 64 – Análise de dominância Custo X Avaliação do Curso.....	150
Figura 65 – Análise de sensibilidade do modelo no PVF 1 – Envolvimento do Candidato com Área.....	151
Figura 66 – Análise de sensibilidade do modelo no PVF 2 – Potencial Profissional.....	151
Figura 67 – Análise de sensibilidade do modelo no PVF 5 – Avaliação do Curso.....	152
Figura 68 – Análise de sensibilidade do modelo no PVF 6 – Qualificação e Interesse do Orientador.....	152
Figura 69 – Análise de sensibilidade do modelo no PVF 7 – Infra-estrutura.....	153
Figura 70 – Comparação epistemológica entre Ciência e Matemática (Pasquali, 1996).....	153
Figura 71 – Ilustração de uma escala nominal.....	154
Figura 72 – Ilustração de uma escala ordinal.....	154
Figura 73 – Síntese das características de cada escala com relação à origem e ao intervalo (Pasquali, 1996).....	154
Figura 74 – Síntese das características de cada escala adaptado de (Pasquali, 1996 e Roberts, 1979).....	158
Figura 75 – As relações binárias e suas propriedades matemáticas (Roberts, 1979).....	163
Figura 76 – Representação gráfica de uma função.....	164
Figura 77 – Representação gráfica de uma função injetora.....	167
Figura 78 – Representação gráfica de uma função sobrejetora.....	168
Figura 79 – Representação gráfica de uma função bijetora.....	169
Figura 80 – Representação gráfica de uma função inversa.....	171
Figura 81 – Representação gráfica de uma operação interna em um conjunto A, feita pela função f.....	172
Figura 82 – Representação gráfica de uma função homeomórfica.....	190
Figura 83 – Outra forma de representação gráfica de uma operação interna em um conjunto A, feita pela função f.....	191
Figura 84 – Ordenação dos critérios em ordem decrescente, segundo a função de valor de referência.....	192
Figura 85 – Apresentação da simulação da hierarquização das combinações possíveis dos PVE 1.3.1 e 1.3.2 quando o axioma da assimetria é violado.....	192
Figura 86 – Apresentação da simulação da ordenação dos critérios quando o axioma da Transitividade Negativa é violado.....	

Figura 87 – Ilustração de uma relação de subordinação no critério $g_1$ .....	193
Figura 88 – Ilustração de uma zona de hesitação entre a indiferença e a preferência entre duas ações.....	194
Figura 89 – Representação de uma relação de subordinação com seus valores de limiar de Indiferença (adaptado de Vanderpooten, 1997).....	196
Figura 90 – Representação da relação de subordinação com seus valores de limiar de indiferença e limiar de preferência (adaptado Vanderpooten, 1997).....	197
Figura 91 – Definições das relações de preferências com as propriedades matemáticas (Ben Mena, 2000).....	198
Figura 92 – Ilustração do mapa cognitivo da área de interesse Benefício para País.....	199
Figura 93 – Ilustração do mapa cognitivo da área de interesse Qualificação do Curso.....	200
Figura 94 – Ilustração do mapa cognitivo da área de interesse Custo.....	201
Figura 95 – Identificação dos ramos na área de interesse Benefício para o País.....	202
Figura 96 – Identificação dos ramos na área de interesse Qualificação do Curso.....	203
Figura 97 – Identificação dos ramos na área de interesse Custo.....	203
Figura 98 – Ilustração do enquadramento do ramo 2 da área de interesse Potencial do Candidato.....	204
Figura 99 – Ilustração dos enquadramentos dos ramos 3 e 4 da área de interesse Benefício para o País.....	205
Figura 100 – Ilustração dos enquadramentos dos ramos 5 e 6 da área de interesse Qualificação do Curso.....	206
Figura 101 – Ilustração do enquadramento do ramo 7 da área de interesse Qualificação do Curso....	207
Figura 102 – Ilustração do enquadramento do ramo 8 da área de interesse Custo.....	208
Figura 103 – Ilustração do enquadramento do ramo 9 da área de interesse Custo.....	208
Figura 104 – Estrutura da árvore de valor do PVF 2 – Potencial do Candidato.....	209
Figura 105 – Estrutura da árvore de valor do PVF 3 – Potencial da Área e do PVF 4 – Retorno ao País.....	210
Figura 106 – Estrutura da árvore de valor do PVF 5 – Avaliação do Curso.....	211
Figura 107 – Estrutura da árvore de valor do PVF 6 – Qualificação e Interesse do Oreintador.....	211
Figura 108 – Estrutura da árvore de valor do PVF 7 – Infra-estrutura.....	212
Figura 109 – Estrutura da árvore de valor do PVF 8 – Custo Anual do Curso e do PVF 9 – Tempo Previsto.....	212
Figura 110 – Estados possíveis dos PVE 1.2.1 – Área da especialização, PVE 1.2.2 – Área Afim e o PVE 1.2.3 – Outra Área.....	213
Figura 111 – Estados possíveis dos PVE 1.3.1 Plano de Trabalho e do PVE 1.3.2 – Comprometimento.....	214
Figura 112 – Estados possíveis do PVE 2.1 – Perfil de Liderança.....	215
Figura 113 – Estados possíveis do PVE 2.2.1.1 – Menção ou Premiação na Área da Especialização, do PVE 2.2.1..2 – Menção ou Premiação em Outra Área, do PVE 2.2.2.1 – Área da especialização e do PVE 2.2.2.2 – Outra Área.....	216
Figura 114 – Estados possíveis dos PVF 3.1 – Ensino, do PVE 3.2 – Empresa e o do PVF 4 – Retorno ao País.....	217
Figura 115 – Estados possíveis dos PVF 5.1 – Reconhecimento Internacional na Área Demandada e do PVE 5.2 – Demanda de Estudantes e Trabalhos.....	218
Figura 116 – Estados possíveis dos PVF 6.1.1 – Trabalhos Realizados na Área e o do	218

PVE 6.2.1 – Equipe de Trabalho.....	219
Figura 117 – Estados possíveis dos PVE 6. 2.1.1 – Internet, do PVE 6.2.2.1 – Telefônico, PVE 6.2.1.3 – Pessoal e o PVE 6.2.2 – Interesse pelo Assunto da Especialização do Candidato.....	220
Figura 118 – Estados possíveis dos PVE 7.1.1 Disponibilidade ao Computador, PVE 7.1.2.1 – Suporte de Informática, PVE 7.1.2.2.1 – Acesso e o PVE 7.1.2.2.2 – Desenvolvimento.....	221
Figura 119 – Estados possíveis dos PVE 7.2.1 – Ambiente adequado e o PVE 7.2.2 – Sala para Estudo.....	221
Figura 120 – Estados possíveis dos PVE 7.3.1.1 – Horário de Atendimento, o PVE 7.3.1.2 – Disponibilidade aos Equipamentos e Materiais, o PVE 7.3.2.1 – Equipamentos e Materiais Atualizados e o PVE 7.3.2.2 – Variedades de Equipamentos e Materiais.....	221
Figura 121 – Estados possíveis dos PVE 7.4.1.1 – Atualização, o PVE 7.4.1.2 – Variedades, do PVE 7.4.2.1 – Via Internet e o PVE 7.4.2.2 – Via pessoal.....	222
Figura 122 – Estados possíveis dos PVF 8 – Custo Anual do Curso e do PVF 9 – Tempo Previsto para Conclusão.....	222
Figura 123 – Descritor do PVE 1.2.1 – Área da Especialização com as funções de valor e com as funções de ancoragem.....	222
Figura 124 – Determinação das funções de valor e das funções de ancoragem pelo método do julgamento semântico – MACBETH do PVE 1.2.1 – Área da especialização.....	223
Figura 125 – Representação gráfica do descritor PVE 1.2.1 – Área da Especialização.....	224
Figura 126 – Descritor do PVE 1.2.2 – Área Afim com as funções de valor e com as funções de ancoragem.....	224
Figura 127 – Determinação das funções de valor e das funções de ancoragem pelo método do julgamento semântico – MACBETH do PVE 1.2.2 – Área Afim.....	225
Figura 128 – Representação gráfica do descritor PVE 1.2.2 – Área Afim.....	225
Figura 129 – Descritor do PVE 1.2.3 – Outra Área com as funções de valor e com as funções de ancoragem.....	225
Figura 130 – Determinação das funções de valor e das funções de ancoragem pelo método do julgamento semântico – MACBETH do PVE 1.2.2 – Outra Área.....	226
Figura 131 – Representação gráfica do descritor PVE 1.2.3 – Outra Área.....	226
Figura 132 – Descritor do PVE 1.3.1 – Plano de Trabalho com as funções de valor e com as funções de ancoragem.....	227
Figura 133 – Determinação das funções de valor e das funções de ancoragem pelo método do julgamento semântico – MACBETH do PVE 1.3.1 – Plano de Trabalho.....	227
Figura 134 – Representação gráfica do descritor PVE 1.3.1 – Plano de Trabalho.....	228
Figura 135 – Descritor do PVE 1.3.2 – Comprometimento com as funções de valor e com as funções de ancoragem.....	228
Figura 136 – Determinação das funções de valor e das funções de ancoragem pelo método do julgamento semântico – MACBETH do PVE 1.3.2 – Comprometimento....	229
Figura 137 – Representação gráfica do descritor PVE 1.3.2 – Comprometimento.....	229
Figura 138 – Descritor do PVE 2.1 – Perfil de Liderança com as funções de valor e com as funções de ancoragem.....	229
Figura 139 – Determinação das funções de valor e das funções de ancoragem pelo método do julgamento semântico – MACBETH do PVE 2.1 – Perfil de Liderança.....	230

Figura 140 – Representação gráfica do descritor PVE 2.1 – Perfil de Liderança.....	230
Figura 141 – Descritor do PVE 2.2.1.1 – Menção ou Premiação na Área da Especialização com as funções de valor e com as funções de ancoragem.....	231
Figura 142 – Determinação das funções de valor e das funções de ancoragem pelo método do julgamento semântico – MACBETH do PVE 2.2.1.1 – Menção ou Premiação na Área da Especialização.....	231
Figura 143 – Representação gráfica do descritor PVE 2.2.1.1 – Menção ou Premiação na Área da Especialização.....	232
Figura 144 – Descritor do PVE 2.2.1.2 – Menção ou Premiação em Outra Área com as funções de valor e com funções de ancoragem.....	232
Figura 145 – Determinação das funções de valor e das funções de ancoragem pelo método do julgamento semântico – MACBETH do PVE 2.2.1.2 – Menção ou Premiação em Outra Área.....	234
Figura 146 – Representação gráfica do descritor PVE 2.2.1.2 – Menção ou Premiação em Outra Área.....	234
Figura 147 – Descritor do PVE 2.2.2.1 – Área da Especialização com as funções de valor e com funções de ancoragem.....	235
Figura 148 – Determinação das funções de valor e das funções de ancoragem pelo método do julgamento semântico – MACBETH do PVE 2.2.2.1 – Área da especialização.....	236
Figura 149 – Representação gráfica do descritor PVE 2.2.2.1 – Área da Especialização.....	236
Figura 150 – Descritor do PVE 2.2.2.2 – Outra Área com as funções de valor e com funções de ancoragem.....	237
Figura 151 – Determinação das funções de valor e das funções de ancoragem pelo método do julgamento semântico – MACBETH do PVE 2.2.2.2 – Outra Área.....	237
Figura 152 – Representação gráfica do descritor PVE 2.2.2.2 – Outra Área.....	238
Figura 153 – Descritor do PVE 3.1 – Ensino com as funções de valor e com funções de ancoragem.....	238
Figura 154 – Determinação das funções de valor e das funções de ancoragem pelo método do julgamento semântico – MACBETH do PVE 3.1 – Ensino.....	239
Figura 155 – Representação gráfica do descritor PVE 3.1 – Ensino.....	239
Figura 156 – Descritor do PVE 3.2 – Empresa com as funções de valor e com funções de ancoragem.....	240
Figura 157 – Determinação das funções de valor e das funções de ancoragem pelo método do julgamento semântico – MACBETH do PVE 3.2 – Empresa.....	240
Figura 158 – Representação gráfica do descritor PVE 3.2 – Empresa.....	241
Figura 159 – Descritor do PVF 4 – Retorno ao País com as funções de valor e com as funções de ancoragem.....	241
Figura 160 – Determinação das funções de valor e das funções de ancoragem pelo método do julgamento semântico – MACBETH do PVF 4 – Retorno ao País.....	241
Figura 161 – Representação gráfica do descritor PVF 4 – Retorno ao País.....	241

Figura 162 – Descritor do PVE 5.1 – Reconhecimento Internacional na Área Demandada com as funções de valor e com função de ancoragem.....	242 242 243 243
Figura 163 – Determinação das funções de valor e das funções de ancoragem pelo método do julgamento semântico – MACBETH do PVF 5.1 – Reconhecimento Internacional na Área Demandada.....	243 244
Figura 164 – Representação gráfica do descritor PVF 5.1– Reconhecimento Internacional na Área Demandada.....	244
Figura 165 – Descritor do PVE 5.2 – Demanda de Estudante e Trabalho com as funções de valor e com funções de ancoragem.....	244
Figura 166 – Determinação das funções de valor e das funções de ancoragem pelo método do julgamento semântico – MACBETH do PVE 5.2 – Demanda de Estudante e Trabalho.....	245 245
Figura 167 – Representação gráfica do descritor PVF 5.2– Demanda de Estudante e Trabalho.....	245
Figura 168 – Descritor do PVE 6.1.1 – Trabalho Realizado na Área com as funções de valor e com as funções de ancoragem.....	246 246
Figura 169 – Determinação das funções de valor e das funções de ancoragem pelo método do julgamento semântico – MACBETH do PVE 6.1.1 – Trabalho Realizado na Área.....	247
Figura 170 – Representação gráfica do descritor PVE 6.1.1 – Trabalho Realizado na Área.....	247 248
Figura 171 – Descritor do PVE 6.1.2 – Equipe de Trabalho com as funções de valor e com as funções de ancoragem.....	248
Figura 172 – Determinação das funções de valor e das funções de ancoragem pelo método do julgamento semântico – MACBETH do PVE 6.1.2 – Equipe de Trabalho.....	248 248
Figura 173 – Representação gráfica do descritor PVE 6.1.2– Equipe de Trabalho.....	249
Figura 174 – Descritor do PVE 6.2.1.1 – Internet com as funções de valor e com as funções de ancoragem.....	249
Figura 175 – Determinação das funções de valor e das funções de ancoragem pelo método do julgamento semântico – MACBETH do PVE 6.2.1.1 – Internet.....	250
Figura 176 – Representação gráfica do descritor PVE 6.2.1.1– Internet.....	250
Figura 177 – Descritor do PVE 6.2.1.2 – Telefônico com as funções de valor e com as funções de ancoragem.....	251
Figura 178 – Descritor do PVE 6.2.1.3 – Pessoal com as funções de valor e com funções de ancoragem.....	251 251
Figura 179 – Descritor do PVE 6.2.2 – Interesse pelo Assunto da Especialização do Candidato com as funções de valor e com as funções de ancoragem.....	252
Figura 180 – Determinação das funções de valor e das funções de ancoragem pelo método do julgamento semântico – MACBETH do PVE 6.2.2 – Interesse pelo Assunto da Especialização do Candidato.....	252 252
Figura 181 – Representação gráfica do descritor PVE 6.2.2 – Interesse pelo Assunto da	



de valor e com as funções de ancoragem.....	263
Figura 201 – Determinação das funções de valor e das funções de ancoragem pelo método do julgamento semântico – MACBETH do PVE 7.3.2.1– Equipamentos e Materiais Atualizados.....	264
Figura 202 – Representação gráfica do descritor PVE 7.3.2.1 – Equipamentos e Materiais Atualizados.....	265
.....	266
Figura 203 – Descritor do PVE 3.2.2 – Variedades de Equipamentos e Materiais com as funções de valor e com as funções de ancoragem.....	266
Figura 204 – Determinação das funções de valor e das funções de ancoragem pelo método do julgamento semântico – MACBETH do PVE 7.3.2.2– Variedades de Equipamentos e Materiais .....	267
Figura 205 – Representação gráfica do descritor PVE 7.3.2.2 – Variedades de Equipamentos e Materiais.....	268
Figura 206 – Descritor do PVE 7.4.1.1 – Atualização com as funções de valor e com as funções de ancoragem.....	269
Figura 207 – Determinação das funções de valor e das funções de ancoragem pelo método do julgamento semântico – MACBETH do PVE 7.4.1.1 – Atualização.....	269
Figura 208 – Representação gráfica do descritor PVE 7.4.1.1 – Atualização.....	270
Figura 209 – Descritor do PVE 7.4.1.2 –Variedades com as funções de valor e com as funções de ancoragem.....	271
Figura 210 – Determinação das funções de valor e das funções de ancoragem pelo método do julgamento semântico – MACBETH do PVE 7.4.1.2 – Variedades.....	271
Figura 211 – Representação gráfica do descritor PVE 7.4.1.2 – Variedades.....	272
Figura 212 – Descritor do PVE 7.4.2.1 – Via Internet com as funções de valor e com as funções de ancoragem.....	272
Figura 213 – Determinação das funções de valor e das funções de ancoragem pelo método do julgamento semântico – MACBETH do PVE 7.4.2.1 – Via Internet.....	273
Figura 214 – Representação gráfica do descritor PVE 7.4.2.1 – Via Internet.....	274
Figura 215 – Descritor do PVE 7.4.2.2 – Via Pessoal com as funções de valor e com as funções de ancoragem.....	274
Figura 216 – D terminação das funções de valor e das funções de ancoragem pelo método do julgamento semântico – MACBETH do PVE 7.4.2.2 – Via Pessoal.....	274
Figura 217 – Representação gráfica do descritor PVE 7.4.2.2 – Via pessoal.....	274
Figura 218 – Descritor do PVF 8 – Custo Anual do Curso com as funções de valor e com as funções de ancoragem.....	274
Figura 219 – Determinação das funções de valor e das funções de ancoragem pelo método do julgamento semântico – MACBETH do PVF 8 – Custo Anual do Curso.....	274
Figura 220 – Representação gráfica do descritor PVF 8 – Custo Anual do Curso.....	274
Figura 221 – Descritor do PVF 9 – Tempo Previsto para Conclusão com as funções de valor	



e com as funções de ancoragem.....	
Figura 222 – Determinação das funções de valor e das funções de ancoragem pelo método do julgamento semântico – MACBETH do PVF 9 – Tempo Previsto para Conclusão.....	
Figura 223 – Representação gráfica do descritor PVF 9 – Tempo Previsto para Conclusão.....	
Figura 224 – Ordenação dos PVEs que constituem o PVF 1.2 – Formação ou Escolaridade Superior pelo método da Matriz de Ordenação – Roberts.....	
Figura 225 – Determinação das taxas de substituição dos PVEs 1.1; 1.2 e 1.3 pelo método de julgamento semântico – MACBETH.....	
Figura 226 – Taxas de substituição dos PVEs que compõem o PVE 1.2 – Formação ou Escolaridade Superior.....	
Figura 227 – Ilustração das taxas de substituição na árvore de valor dos PVF 2 – Potencial Profissional; PVF 3 – Potencial da Área e PVF 5 – Avaliação do Curso.....	
Figura 228 – Ordenação dos PVEs que constituem o PVE 6.2.1 – Relacionamento Orientador-bolsista antes da Especialização pelo método da Matriz de Ordenação – Roberts.....	
Figura 229 – Determinação das taxas de substituição dos PVEs que constituem o PVE 6.2.1 – Relacionamento Orientador-bolsista antes da Especialização pelo Método de julgamento semântico – MACBETH.....	
Figura 230 – Taxas de substituição dos PVEs que compõem o PVE 6.2.1 – Relacionamento Orientador-bolsista antes da Especialização.....	
Figura 231 – Ilustração das taxas de substituição na árvore de valor do PVF 6 – Qualificação e Interesse do Orientador.....	
Figura 232 – Ordenação dos PVEs que constituem o PVF 7 – Infra-estrutura pelo método da Matriz de Ordenação – Roberts.....	
Figura 233 – Determinação das taxas de substituição dos PVEs que constituem o PVE 7 – Infra-estrutura pelo método de julgamento semântico – MACBETH.....	
Figura 234 – Taxas de substituição dos PVEs que compõem o PVF 7 – Infra-estrutura.....	
Figura 235 – Ilustração das taxas de substituição na árvore de valor do PVF 7.....	

## SIGLAS

ApArtes – Programa de Aperfeiçoamento em Artes no Exterior – CAPES.

CAPES – Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

CGPE – Coordenação Geral de Programa no Exterior – CAPES.

ELECTRE – Elimination and (ET) Choice Translating Reality.

EPA – Elemento Primário de Avaliação.

MACBETH – Measuring Attractiveness by a Categorical Based.

MCDA – Multicriteria Decision Aid (Metodologias Multicritérios de Apoio à Decisão).

MCDM - Multicriteria Decision Making (Metodologias Multicritérios de Tomada Decisão).

PV – Ponto de Vista (Critérios e ou Sub-critérios).

PVE – Ponto de Vista Elementar (Sub-critério).

PVF – Ponto de Vista Fundamental (Critério).

## RESUMO

Objetiva este trabalho introduzir as relações de subordinação na Matriz de Ordenação – Roberts nas Metodologias Multicritérios de Apoio à Decisão (*Multicriteria Decision Aid - MCDA*) quando os axiomas de assimetria e transitividade negativa são violados. O trabalho está dividido em duas etapas. A primeira apresenta a validação da aplicação da Matriz de Ordenação - Roberts em MCDA. Define-se a matriz numa relação de preferência estrita em que os axiomas têm que ser cumpridos para hierarquizar os níveis de impacto dos descritores e ordenar, preferencialmente, os critérios. No entanto, às vezes, ocorre que, ao aplicar-se a matriz, os decisores não têm uma preferência estrita. Conseqüentemente, violam os axiomas embora a matriz mantenha uma ordenação. Assim, buscou-se em outro contexto (Relações de Subordinação) enquadrar esse problema cuja conseqüência foi a construção de teorema sobre a transitividade negativa. A segunda etapa trata da construção de um modelo Multicritério, elaborado na *Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES*, especificamente na *Coordenação Geral de Programas no Exterior - CGPE*. Tal coordenadoria é responsável, entre outras coisas, pelo processo de selecionar candidatos à bolsa de estudo no exterior. O modelo proposto foi construído para subsidiar os consultores em Artes na seleção de candidatos à bolsa de estudos do *Programa de Aperfeiçoamento em Artes no Exterior – ApArtes*, identificando os aspectos considerados relevantes no processo de avaliação, segundo os sistemas de valor dos atores envolvidos na construção do modelo, lotados na CGPE. Em seguida, faz-se uma avaliação qualitativa dos candidatos nos aspectos (critérios). Utiliza-se a metodologia MCDA, considerada pelo autor como a mais adequada. Por ser o modelo desenvolvido dentro do paradigma construtivista, tanto os atores como o problema de estudo são importantes, em todas as etapas do modelo. Trata-se de um trabalho complexo, uma vez que todos os objetivos determinados pela CAPES devem ser alcançados, adequando-os no modelo construído.

**Palavras-chave:** relações de subordinação, matriz de ordenação – Roberts, teorema (transitividade negativa), apoio à decisão.

## ABSTRACT

The objective of this work is to bring the outranking relationships in the Ordination Matrix - Roberts in the Multicriteria Decision Aid Methodologies (MCDA) when the asymmetry axioms and negative transitivity are violated. The study is divided in two stages. The first presents the validation of the of the Ordination Matrix application - Roberts in MCDA. The matrix is defined in a preferably strict relationship in which the axioms have to be accomplished in order to rank the levels of impact of the descriptors and to order the criteria according to the preference. However, sometimes, it happens that, when matrix is applied, the decision takers don't have a strict preference. Consequently, they violate the axioms although the matrix maintains an ordination. For this reason, it was looked for another context (outranking relation) in order to frame that problem and the consequence was the construction of the negative transitivity theorem. The second stage deals with the construction of a Multicriteria model that was elaborate at the Foundation for the Improvement of High Level Personnel – CAPES, specifically in the General Coordination for Programs Abroad - CGPE. This coordination is responsible, among other things, for the process of selecting candidates to study abroad. The proposed model was built to help Arts consultants in selecting candidates to scholarships in the Program of Improvement in Arts – ApArtes. It can identify aspects considered important in the evaluation process, according to the value systems of the responsible for CGPE involved in the construction of the model. Then, a qualitative evaluation of candidates in selected aspects (criteria) is done. The MCDA methodology employed is considered by the author as the most appropriate. Being a model developed within the constructivist paradigm, both the actors and the problem under study are important in all the stages of the model. It is a complex work, since all the objectives set by CAPES must be reached, adapted in the built model.

**Key Words:** outranking relations, ordination matrix - Roberts, (negative transitivity) theorem, multicriteria decision aid.

## INTRODUÇÃO

Na década de 60 predominava, na Pesquisa Operacional – PO o paradigma do ótimo em que se buscava uma solução ótima, comprovada cientificamente em pressupostos de modelos matemáticos. A solução obtida não representava a solução dos problemas individuais. Portanto, o modelo não condizia com a realidade. A pesquisa operacional fundamenta-se pelos postulados do decisor racional (Teoria Prescritiva ou Normativa), da solução ótima e do quantitativo.

### 1.1 – Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão

No início dos anos 70, uma nova fase do processo de apoio à decisão começou a tomar forma. Organizando-se uma comunidade científica, antes dispersa, que se preocupava com uma abordagem que se diferenciasse dos modelos tradicionais de PO, além de interessar-se pelo domínio dos multicritérios a partir da célebre conferência de outubro de 1972 na Universidade da Carolina do Sul, organizada por J. L. Cochrane e M. Zeleny (Bana Costa, 1993). Isto ocorreu, devido ao fato de que a PO vinha sendo muito criticada pela objetividade e racionalidade econômica, acabando por restringir sua atuação em problemas pouco relevantes do ponto de vista social, embora inegavelmente importantes do ponto de vista técnico. Na prática, observa-se que os tomadores de decisão violam com frequência as regras da racionalidade, construindo modelos descontextualizados da realidade.

Dos encontros da comunidade científica surgiram novas idéias para criar metodologias dentro da PO, que atendessem a três aspectos importantes:

- Metodologias que levem em conta os valores, os objetivos, as aspirações e os interesses dos tomadores de decisão, aproximando, conseqüentemente, as ciências humanas, em especial Psicologia e Sociologia;

- Metodologias que utilizem, como foco principal, a interação entre o tomador de decisão com seu sistema de valores e o objeto em estudo. As metodologias ligam-se ao paradigma da visão construtivista, ao invés da PO clássica, ligada ao paradigma da visão objetivista na qual sistema de valores do tomador de decisão é ditado pela racionalidade econômica;
- Metodologias que esclareçam quais fatores se consideram relevantes no processo de seleção com validação cognitiva, influenciada por estudos advindos da Psicologia, e não da PO clássica que busca uma validação puramente axiomática.

Basicamente, surgiram dois tipos de Metodologias:

- *Multicriteria Decision Making* – Metodologias Multicritérios para Tomada de Decisão – (MCDM);
- *Multicriteria Decision Aid* – Metodologias Multicritérios de Apoio à Decisão – (MCDA).

A diferença básica entre as duas correntes de pensamento traduz-se pelas atitudes:

- MCDM procura desenvolver um modelo matemático bem formulado que dita a solução certa para o decisor, ou seja, a solução ótima que se acredita preexistir, independentemente de os indivíduos envolvidos (decisores) concordarem ou não com a solução ótima obtida;
- MCDA procura desenvolver um modelo que auxilia os decisores a moldarem a validarem seus próprios valores, ou seja, a entenderem com profundidade seu problema em um processo iterativo e construtivo, permitindo-lhes encontrar um conjunto de soluções que, de acordo com seu juízo de valor, possibilite a tomada de decisão em favor de uma solução mais adequada.

O trabalho desta tese objetiva apresentar uma **contribuição teórica** e um **estudo de caso** dentro da metodologia MCDA. Por isso, é necessário esclarecer suas fases constitutivas, formadas por três etapas distintas, mas, intrinsecamente correlacionadas:

- Estruturação do modelo;
- Avaliação das ações potenciais;
- Considerações finais sobre as recomendações para ações potenciais e trabalhos futuros relacionados ao contexto decisório.

A fase de **estruturação** estabelece uma linguagem de debate entre o grupo de pessoas envolvidas no contexto decisório (o problema em estudo), promovendo desta forma, seu entendimento. Para facilitá-lo, MCDA desenvolve a etapa da seguinte forma:

- Definição do ambiente da pesquisa;
- Identificação dos atores envolvidos na pesquisa;
- Identificação de elementos primários de avaliação – EPA;
- Construção de um mapa cognitivo com os EPA;
- Identificação dos pontos de vista fundamentais (critérios) – PVF dentro do mapa cognitivo;
- Construção de descritores com os PVF.

Um descritor é um conjunto de níveis de impacto que serve como base para descrever impactos plausíveis (performance) das ações potenciais associadas a um ponto de vista fundamental (Bana e Costa, 1992). Este conjunto de níveis de impacto deverá ter um significado bem entendido, de tal forma que a comparação de dois níveis quaisquer do descritor resulte sempre uma diferenciação clara por

todos, não sujeita à dúvida. Na construção de descritores, uma das ferramentas relevantes da MCDA é a ordenação dos níveis de impacto em termos de preferência, segundo os sistemas de valores dos decisores;

A fase de **avaliação** tem como objetivo mensurar, ou seja, medir, por meio de representações matemáticas, os julgamentos realizados pelo grupo de pessoas (decisores) envolvidas no processo decisório. Divide-se em quatro etapas:

- Construção das Funções de Valor para cada descritor;
- Identificação das Taxas de Substituição (Taxas de Compensação) para cada PVF;
- Identificação e validação do Perfil de Impacto dos candidatos;
- Análise dos Resultados.

Na fase de avaliação, as ferramentas mais requeridas e necessárias para o modelo multicritério são:

- A **hierarquização** dos níveis de impacto dos descritores representa o grau de atratividade que cada nível de impacto tem numericamente. A hierarquização possibilita a construção de escalas de preferências locais;
- Definidos os PVF do modelo, é possível avaliar o desempenho de cada ação, determinando-se as taxas de substituição de cada PVF. Para que sejam determinadas as taxas, é necessário **ordenar** os PVF de forma preferencial segundo o juízo de valor do decisor. Assim, as taxas de substituição transformam valores locais de preferência (avaliação em cada critério) em valores globais de preferência (soma das avaliações em cada critério).

Na fase de **considerações finais**, as recomendações consistem em apresentar sugestões para ações e trabalhos futuros, objetivando-se as melhorias e



as precauções que deve haver no uso do modelo construído, propondo novas pesquisas a serem desenvolvidas nesse campo de pesquisa.

Nas três fases citadas, o uso de *software* é necessário pela sua facilidade operacional. Neste trabalho, usaram-se os seguintes :

- **MACBETH** (Bana e Costa & Vansnick, 1995a, 1995b, 1995c, 1995d, 1995e, 1997a):

**Avaliação:**

- Construção das funções de valor dos descritores;
- Construção das taxas de substituição.

- **HIVIEW** for Windows (Crysalis, 1997):

**Recomendação:**

- Avaliação e análise dos resultados.

No capítulo 3, mostram-se, com detalhes, as três fases mencionadas na parte teórica da metodologia MCDA.

## 1.2 – Problema de Ordenação

Um dos procedimentos formais para ordenação preferencial que permite determinar a **hierarquização** dos níveis de impacto dos descritores e **ordenar** preferencialmente os critérios é o método da **Matriz de Ordenação – Roberts** (Roberts, 1979). O método vale-se das seguintes condições:

- A preferência do decisor é uma relação **estritamente preferível**, que satisfaz os axiomas:
  - **Assimetria** ® (  $a P b$  ), (ação  $a$  é preferível à ação  $b$ )  $\Rightarrow$  (  $\sim b P a$  ), (ação  $b$  não é preferível à ação  $a$  );
  - **Transitiva Negativa** ® (  $\sim a P b$  ) e (  $\sim b P c$  )  $\Rightarrow$  (  $\sim a P c$  ).

Na aplicação da Matriz de Ordenação – Roberts, se os axiomas forem violados, o decisor é obrigado a refazer a ordenação para que se cumpra o axioma.

O problema encontrado em MCDA na aplicação da Matriz, é que o decisor não necessariamente tem uma descrição de **preferência claramente definida**. Isto ocorre por diversos fatores (Roy, 1997). Um deles é quando existe na mente do decisor uma **zona de incerteza, conflitos e contradições** para emitir opiniões sobre o seu sistema de preferências. Conseqüentemente, a transitividade negativa é **violada**. Embora a assimetria e a transitividade negativa sejam violadas, a Matriz de Ordenação – Roberts, ainda assim, define uma ordenação dos critérios e uma hierarquização preferencial dos níveis de impacto dos descritores.

A aplicação da Matriz de Ordenação – Roberts em MCDA é importante e necessária porque, se não houver uma ordenação nos níveis de impacto dos descritores, não haverá a escala ordinal e, conseqüentemente, também inexistirá uma escala cardinal (hierarquização). Assim, não é possível mensurar a performance (desempenho) das ações potenciais em cada descritor, ou seja, não se encontrará uma avaliação local das ações potenciais. O mesmo acontece se não houver uma ordenação nos critérios: não é possível encontrarem-se as taxas de substituição, e conseqüentemente, também se determina a avaliação global das ações potenciais. Pelos comentários acima, conclui-se que, sem aplicação da matriz de Ordenação – Roberts em MCDA, não se concebe um modelo de avaliação. Daí a interrogação: como **validar o método** da Matriz de Ordenação – Roberts quando os axiomas são **violados**? A resposta a essa pergunta é exatamente o objetivo deste trabalho de tese.

### 1.3 – Metodologia Científica de Pesquisa

Pretende-se neste trabalho apresentar uma **solução** para o problema surgido na aplicação da Matriz de Ordenação – Roberts em MCDA quando os axiomas são

violados. Isto ocorre quando o decisor não manifesta uma preferência claramente definida.

A matriz é usada para **hierarquizar** os níveis de impacto dos descritores e **ordenar** os critérios. Portanto, é necessário introduzir novos conceitos dentro do MCDA de *Outranking Approach* (Relações de Subordinação) como uma forma de solucionar esses problemas, enquadrando-os em outro contexto decisório.

No capítulo 5, apresentam-se, com detalhes, todos os pressupostos teóricos das Relações de Subordinação, assim como a solução para contornar-se o problema.

## 1.4 – Objetivos a Atingir

### 1.4.1 – Objetivo Geral

Analisar as condições que levam os métodos em MCDA, atualmente existentes, a um impasse, na aplicação da Matriz de Ordenação – Roberts quando os axiomas da assimetria e da transitividade negativa são **violados**; a partir daí, determinar a validade do método utilizado em circunstâncias em que exista o problema da violação dos axiomas, **incorporando** as relações de subordinação como forma para **resolver** o problema.

### 1.4.2 – Objetivos Específicos

- Apresentar o **surgimento** do problema da violação da assimetria e da transitividade negativa;
- Introduzir os conceitos de Relações de Subordinação: *Indifference Threshold* (Limiar de Indiferença) e *Preference Threshold* (Limiar de Preferência) para

que se conheçam novas relações de preferências: **Preferência Indiferente** e **Preferência Fraca**;

- Construir um modelo que **contemple** o problema dos axiomas, enquadrado nas Metodologias Multicritérios de Apoio à Decisão, procedendo-se à análise dos resultados obtidos;
- Analisar os **resultados** obtidos com o modelo construído (estudo de caso);

## 1.5 – Estudo de Caso

Este trabalho de pesquisa, além de uma contribuição teórica para a MCDA, apresentará tal metodologia aprimorada, por meio de um estudo de caso real, construindo-se um modelo de avaliação.

O estudo de caso relaciona-se a uma instituição federal denominada *Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior* – CAPES. Atua na área de educação de ensino superior na formação de recursos humanos de alto nível.

A CAPES desenvolve duas atividades principais:

- Fomentar os programas destinados à formação de recursos humanos de alto nível;
- Fazer avaliação desses programas.

Atua, principalmente, em duas vertentes:

- Na área de pós-graduação e na de integração da pós-graduação com outros níveis de ensino;
- No setor produtivo.

O ambiente de pesquisa dentro da CAPES situa-se na Coordenadoria de Candidaturas a Bolsas e Auxílio no Exterior – CCE. Essa coordenadoria é responsável pelo processo de seleção de candidatos à bolsa de estudos no exterior e está sob a orientação da Superintendência de Programas no Exterior – SPE.

No estudo de caso, construir-se-á um modelo de avaliação de candidatos à bolsa de estudos pelo programa de *Aperfeiçoamento em Artes no Exterior – ApArtes*. O modelo servirá como ferramenta a ser utilizada pelos consultores responsáveis pela seleção dos candidatos .

O programa visa, sobretudo, a proporcionar treinamento no desempenho artístico em tópicos inexistentes no País, em centros de reconhecida excelência no exterior, aos jovens talentos na faixa etária entre 18 e 29 anos, em início de carreira, nas sub-áreas de Música, Dança, Artes Plásticas, Artes Cênicas, Cinema/Vídeo e Fotografia, que buscam aprimorar-se tecnicamente.

O *ApArtes*, por ser um programa não acadêmico, difere dos demais programas de fomento da CAPES. Foi lançado em novembro de 1995, com autorização do Ministério da Educação e da Cultura. O objetivo do programa – apoiar jovens talentos à busca de aperfeiçoamento no exterior – seria implementado sem qualquer prejuízo para o programa regular de formação acadêmica, em nível de doutorado, na área de Artes. O programa objetivou, principalmente, valorizar um segmento bem específico da comunidade artística que, embora sem vocação para a atividade acadêmica, não poderia prescindir de conhecimentos sistematizados para consolidar e agregar qualidade à sua formação. As bolsas de estudos ofertadas têm duração de no mínimo seis meses e, no máximo, dois anos.

## **1.6 – Organização do Perfil do Trabalho**

Este trabalho contém, além da introdução, mais cinco capítulos, a saber :

- O Capítulo 2 apresenta o pressuposto teórico que fornece uma visão geral e a justificativa da escolha das Metodologias Multicritérios de Apoio à Decisão.
- O Capítulo 3 destaca as Metodologias Multicritérios em Apoio à Decisão, em conjunto com um **estudo de caso**, “avaliação de candidatos a bolsas de estudo para fazer aperfeiçoamento no exterior em Artes” – *Apartes*, mostrando as etapas da estruturação do modelo construído.
- O Capítulo 4 também trata das Metodologias Multicritérios em Apoio à Decisão, destacando as etapas da avaliação do modelo construído e a análise dos resultados obtidos com avaliação, em conjunto com o estudo de caso.
- O Capítulo 5 releva os pressupostos teóricos das relações de subordinação para solucionar o problema da assimetria e da transitividade negativa quando o decisor carece de uma preferência estrita.
- Finalmente, no capítulo 6, apresentam-se as recomendações finais como conclusão do trabalho e sugestões para novos estudos de pesquisas.

## FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Antes de apresentar o estudo de caso, faz-se necessário discutir alguns pressupostos teóricos, para que se forneça uma visão geral das metodologias abordadas nesta tese. São repassados os conteúdos essenciais das metodologias multicritérios, como também a justificativa da escolha da metodologia MCDA para este trabalho de pesquisa.

### 2.1 – Processo Decisório

As decisões são tomadas por um indivíduo ou grupo de indivíduos (atores) quando se quer elaborar alguma coisa (Ensslin et al.,2001). Esses atores com seus sistemas de valores, possuem interesses relevantes e diversos na decisão e irão intervir por um processo, ao longo do tempo, de forma caótica, cheio de confrontações e interações das múltiplas preferências, (Roy, 1996).

Analisando-se o estudo de caso aqui proposto, verifica-se a existência de vários indivíduos que participam direta ou indiretamente na execução do programa *ApArtes*, cujo maior objetivo é selecionar candidatos ao aperfeiçoamento em Artes no exterior. São indivíduos que com percepções particulares mostram, amiúde, os pontos fracos do programa como também sugestões de melhora tanto na parte operacional como na seleção dos candidatos. Portanto, vivencia-se um processo de decisão organizacional multicritério em apoio à decisão, uma vez que se necessita identificar os atores dentro de uma hierarquia, segundo os objetivos a serem atingidos.

Os métodos multicritérios surgiram da *Pesquisa Operacional* – PO tradicional cuja finalidade central é determinar uma solução ótima para um problema real. A partir da Segunda Guerra Mundial, a PO teve seu apogeu, quando precisava obter

soluções precisas que direcionassem os tomadores de decisão para uma determinada ação, partindo-se de pressupostos bem definidos (Roy, 1993).

Desde os anos 60, a PO iniciou um processo evolutivo no sentido de buscar melhores alternativas para solucionar problemas em termos de aplicação prática (Ensslin et al., 1998). Naquela época, as abordagens usadas eram: Programação Linear, Teoria das Filas, Análise de Risco, Teoria dos Jogos, dentre outras. No final da década de 60, a comunidade científica começou a perceber que a PO não atendia à maioria dos problemas importantes nas organizações que se apresentavam complexos e mal estruturados, o que tornava difícil encontrar uma solução adequada de forma consciente e segura (Ensslin et al., 1998).

Nos anos 70, iniciou-se a pesquisa de modelos de múltiplos critérios que pudessem solucionar problemas de decisões, fazendo surgir várias metodologias multicritérios, hoje divididas em duas correntes de pensamentos:

- *Multicriteria Decision Making (MCDM)*
  - Enfatiza a “tomada de decisão”. Surgiu da Escola Americana, e se apóia em procedimentos mais racionais em que o tomador de decisão (não é o dono do problema) busca uma solução ótima e informações quantitativas para um problema conhecido e percebido por todos da mesma forma (Roy, 1996).
  
- *Multicriteria Decision Aid (MCDA)*
  - Enfatiza a “ajuda na decisão”. Surgiu da Escola Européia, e se apóia em dar ao decisor uma compreensão e uma aprendizagem do problema pelo tomador de decisão (dono do problema) da seguinte forma (Bana e Costa, 1995):
    - Construção de Modelos fundamentados no juízo de valor do decisor e nas suas preferências, integrando-se as características subjetivas de valor com as características objetivas das ações;



- Aplicação de um processo construtivista de aprendizagem durante todo o processo de apoio à decisão.

## **2.2 – Escolha da Metodologia MCDA**

Por trabalhar na CAPES, o autor da presente tese pôde constatar a dificuldade que a agência tem para efetuar avaliações internas de seus programas (atividades). Então, percebeu-se a premência da elaboração de um modelo de avaliação específico. Assim, propôs-se à Superintendência de Programas com o Exterior, que avalia os candidatos à bolsa de estudos em Artes no exterior, a consecução deste trabalho de tese, visando à maior qualidade no processo de avaliação.

A CAPES, em épocas passadas, tentou criar vários modelos para a avaliação interna de suas atividades. Todas as tentativas, sem exceção, frustraram-se. Os modelos não atendiam aos objetivos esperados. Além do mais, todas as atividades, nas quais se esperam decisões, geralmente acontecem em reuniões com os técnicos responsáveis pelos diversos setores, opinando a respeito de um mesmo assunto. Portanto, nenhuma tomada de decisão ocorre individualmente.

Os modelos, geralmente, são pré-determinados onde o consultor toma as decisões, segundo o seu juízo de valor para determinar uma solução ótima para o problema. Geralmente apresentam soluções destorcidas na realidade do problema. Os modelos com essas características apresentam as seguintes deficiências:

- Dificuldade na operacionalização, devido ao processamento de grande quantidade de fórmulas matemáticas;
- Fragilidade na interação dos responsáveis pela solução do problema;
- Desconhecimento dos objetivos, dos valores e das percepções dos envolvidos no processo para construção do modelo;

- Estabelecimento de padrões preestabelecidos incapazes de identificar variáveis relevantes a partir do juízo de valor dos envolvidos;
- Modelos que não geram conhecimentos aos envolvidos para entendimento do problema e, também, para identificação de alternativas que levem ao objetivo esperado;
- Modelos que possibilitam ao consultor dar o veredicto final (tomada de decisão), porém, incapazes de gerar caminhos alcançados (apoio à decisão), segundo seu juízo de valor.

A metodologia Multicritério de Apoio à Decisão - MCDA diferencia-se das demais metodologias de múltiplos critérios: MCDM; ELECTRE I, II, III e IV; DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA). A metodologia MCDA consegue fazer a interação do modelo construído com o tomador de decisão (dono do problema) e é capaz de gerar critérios avaliatórios condizentes à situação real do problema estudado, segundo o juízo de valor dos avaliadores, e não impostos de forma normativa e dogmática.

A escolha do tema desta pesquisa – modelo MCDA – justifica-se pelo fato de não ser um modelo pré-determinado, mas sim, construído, com base na tendência epistemológica de Piaget e sua **visão construtivista**: “conhecimento como resultado da relação entre o sujeito e o objeto em estudo” (Landry, 1995, p. 317). Os decisores participam ativamente do processo de estruturação do problema, conhecendo-o melhor. Adquirem conhecimento necessário para gerar um conjunto de metas de acordo com suas preferências, alcançando os objetivos desejados. Há que se observar também dois tipos de problemas que podem ocorrer na aplicação da Matriz de Ordenação – Roberts. A solucionarem-se esses problemas, chega-se à contribuição teórica que caracteriza a tese.

Conforme já mencionado, na **seção 1.1**, a metodologia MCDA consiste basicamente de três fases distintas, intrinsecamente correlacionadas:

- Estruturação do modelo;
- Avaliações dos candidatos ;

- Considerações finais.

No contexto decisório, a metodologia MCDA apresenta três convicções básicas do processo decisório:

- As características subjetiva e objetiva são inseparáveis e interligadas. A subjetiva relaciona-se ao juízo de valor dos atores, enquanto a objetiva, às ações na tomada de decisão;
- Os atores têm uma aprendizagem na participação e começam a entender e a interpretar melhor o seu juízo de valor, por meio dos conhecimentos adquiridos;
- A visão construtivista é a metodologia necessária na construção de um modelo, que espelhe as preferências dos atores tanto no entendimento do problema, como na geração do conhecimento para alcançar os objetivos desejados.

### 2.3 – Fontes de Imprecisão em Modelos

Uma série de fatores gera **imprecisões** na construção de um Modelo de Apoio à Decisão. Alguns desses fatores são apresentados a seguir (para maiores detalhes, ver Roy, 1989; Bouyssou, 1989; Ensslin et al., 2001).

- **O Mapa não é Território**

Um dos objetivos do apoio à decisão é construir um modelo (**mapa**) para ajudar os decisores (donos do problema) a compreenderem sua percepção sobre o contexto decisório (**território**). Tal modelo cria uma linguagem própria que permite uma comunicação entre vários atores envolvidos no processo decisório, e que, até então, não tinham essa intercomunicação, fornecendo uma base adequada para gerar conhecimento, como também criar alternativas que solucionem o problema do decisor.

Todo modelo construído tem uma representação que evidencia simplificações e imprecisões. Assim, quando os atores usam o mapa para representar um território, fazem escolha entre riqueza e legibilidade. Quanto mais rico for mapa, mais próximo estará de representar o território. Em compensação, torna-se mais refinado, apresentando mais complexidade.

- **O Futuro não é o Presente que se Repetirá**

Todo **Modelo de Apoio à Decisão**, construído na resolução de um problema (**decisão**), será implementado em um futuro próximo ou distante, dependendo do contexto decisório (território).

Qualquer alteração no modelo poderá ter resultados imprevisíveis. O ambiente em que o modelo foi construído poderá ser diferente do atual. Sendo assim, poderá ocorrer que as previsões esperadas com as novas mudanças no modelo não se concretizem.

- **Os Dados não são o Resultado de Medidas Exatas**

As representações numéricas usadas em modelos de apoio à decisão são apenas **ordens de magnitude** e não **quantidades exatas**. Isto ocorre porque há falhas no processo de medição do modelo e, também, em muitas situações, a definição do que deve ser medido não fica bem clara. Assim, a imprecisão da representação numérica do modelo é tão preocupante como qualquer processo de mensuração.

- **O Modelo não é uma Descrição Exata de Sistemas de Preferências**

A imprecisão numérica do modelo provém de como o facilitador procura obter as informações dos decisores, influenciando significativamente as suas respostas. Além disso, a influência do grupo – no caso de existirem múltiplos decisores – afeta consideravelmente as respostas pela maneira como cada indivíduo declara suas preferências. Como o modelo de apoio à decisão usa o paradigma do construtivismo em seus modelos, as preferências dos decisores são construídas, segundo o seu juízo de valor, mas não são descobertas.

## 2.4 – Visões Epistemológicas

Como a metodologia MCDA usa o paradigma do construtivismo para construção de seus modelos, far-se-á um breve estudo para um entendimento melhor, distinguindo as três tendências epistemológicas de Piaget; “objetivista, subjetivista e construtivista”, com relação à importância dada ao sujeito e ao objeto na atividade do conhecimento (Landry, 1995, p. 319).

Na visão objetivista (Landry, 1995), o conhecimento é originado principalmente no objeto e a realidade é conhecida pela experiência independente do sujeito de conhecimento. O papel do sujeito reduz-se a registrar as experiências.

O problema é tratado como se fosse parte de uma realidade externa (física, social ou ideal). Esses problemas têm existência autônoma e intervir num problema é intervir na realidade.

Na origem do problema, o sujeito percebe na realidade elementos que apresentam irregularidades ou inconsistências segundo determinados padrões. Em seguida, delimitam-se as fronteiras do problema de forma empírica.

A formulação do problema implica refletir a realidade insatisfatória, recentemente descoberta, e descobrir sua estrutura chegando ao ponto onde uma intervenção é considerada possível.

A resolução do problema procura os meios apropriados para passar de uma realidade insatisfatória a uma realidade desejada. É um exercício de meios-fins.

As conseqüências da visão objetivista é que os fatos são o que importa. O consultor é um perito equipado com as ferramentas necessárias para descobrir os reais fatos do problema. Os problemas individuais não são diferentes de problemas coletivos; os diferentes atores representam um papel mínimo.

Na visão subjetivista (Landry, 1995), o conhecimento é originado principalmente no sujeito. A importância do objeto é minimizada, prevalecendo o papel dominante do sujeito.

O problema não tem existência própria, é uma entidade abstrata. O centro do problema é a mente do sujeito-dependente. O problema resulta de uma tentativa de o sujeito estruturar percepções novas previamente acumuladas com valores pessoais, morais, racionais e estéticos.

A origem do problema surge quando o sujeito experimenta um estado mental incômodo que deve ser aliviado. A mente do sujeito é que estrutura as percepções novas. A delimitação das fronteiras do problema não é uma questão empírica; o sujeito é o juiz dessas fronteiras e poderá distinguir entre o problema certo e o errado.

A formulação do problema implica traduzir articuladamente um estado incômodo, experimentado pela mente para explicar a origem do problema para alcançar estado mais desejável da mente.

A resolução do problema é um processo de investigar e selecionar os meios mais convenientes para transformar o estado incômodo da mente em outro mais conveniente em relação aos valores estéticos, morais, racionais ou pessoais do sujeito.

Conseqüências da visão subjetivista, a comunicação e a argumentação são atividades básicas dos consultores que identificam os principais atores envolvidos e compreendem as visões de cada um deles. Os problemas individuais são diferentes de problemas coletivos.

Na visão construtivista (Landry, 1995), o conhecimento é resultado da interação entre o sujeito e o objeto, embora a contribuição respectiva deles possa variar de uma teoria para outra. Diverge com a visão objetivista em que o sujeito tem um papel bastante passivo a desempenhar e também diverge da visão subjetivista em que o objeto tem uma importância secundária.

O problema está mais orientado para ação e mudança; ele não tem nenhuma existência própria, mas está fundamentado em alguma realidade objetiva. A visão construtivista mantém algumas características das visões objetivista e subjetivista.

Os problemas não são determinados e nem criados, são identificados e retidos pelo sujeito.

A origem do problema aparece quando o sujeito não está satisfeito com o desempenho de um evento e se interessa em investigar as razões dessa insatisfação, tentando mudar a situação.

A formulação do problema implica a construção pelo sujeito da representação de um objeto concreto. Essa construção não é neutra.

A resolução do problema implica na representação escolhida para ordenar, planejar e investigar uma intervenção que resulte numa atividade de adaptação.

Como conseqüência da visão construtivista, o consultor tem que representar a realidade numa forma aceita pelos atores, para planejar uma intervenção. O consultor não deve colocar todos os atores envolvidos com um problema na mesma categoria.

O presente trabalho científico pretende contribuir, não só com os aspectos teóricos e um estudo de caso, mas também propiciar um mecanismo como instrumento viável de avaliação, abrindo novos caminhos para que se possa aplicar a metodologia MCDA em outros setores da CAPES ou mesmo em demais situações assemelhadas.

## ESTRUTURAÇÃO DO MODELO

Este Capítulo tem como objetivo principal a estruturação do modelo proposto em tese. Apenas serão repassadas as informações necessárias para o entendimento da metodologia e, em conjunto, apresentará o estudo de caso no contexto estudado dessa metodologia.

### 3.1 – Contexto Decisório

A Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES é um órgão federal do Ministério da Educação – MEC, fundada em 1951 pelo professor Anísio Teixeira, intelectual, educador, gerador e semeador de idéias, cuja presença se materializou na criação de várias instituições brasileiras devotadas à educação em todos os seus níveis.

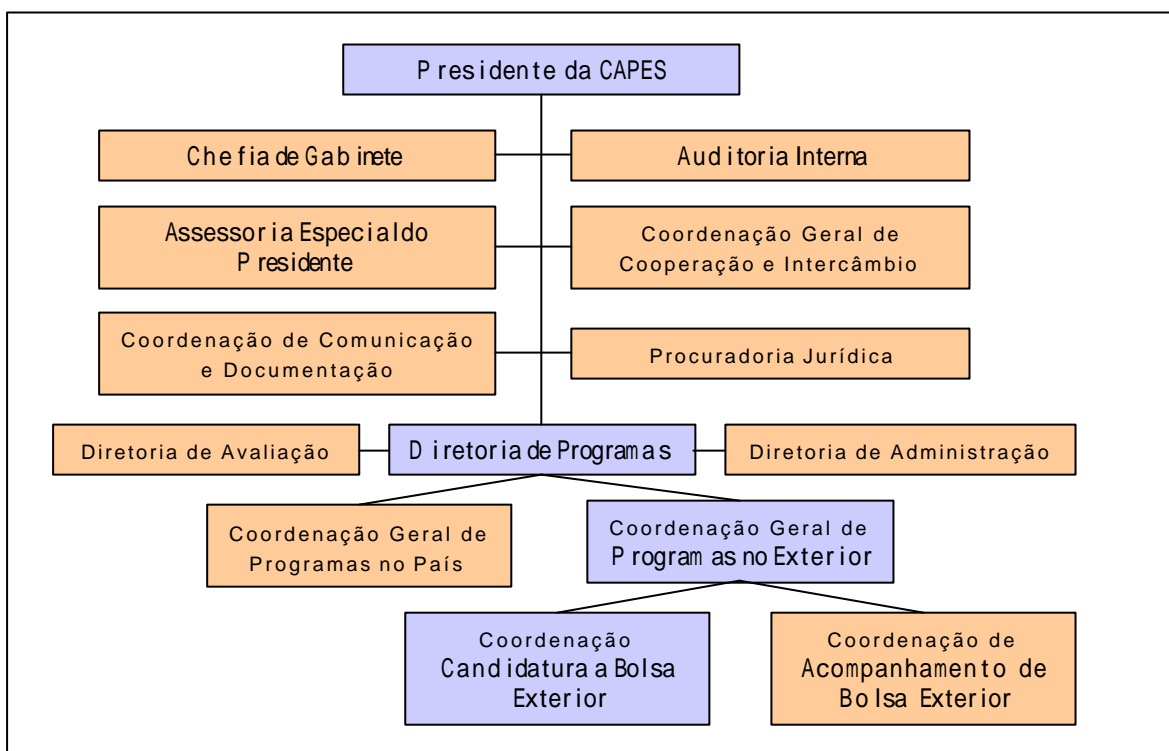
A CAPES atua na área de educação e tem desempenhado, ao longo da sua existência, um papel relevante e significativo na formação de recursos humanos de alto nível, tão necessários e ainda tão carentes no Brasil.

A CAPES desenvolve suas atividades em nível de pós-graduação. Visa a fomentar bolsa de estudos para formação de recursos humanos de alto nível no país e no exterior. Outra atividade da CAPES é a avaliação, concebida no início dos anos 70. A avaliação é feita sistematicamente por todos os programas de mestrado e doutorado, oferecidos por todas as instituições públicas e privadas em todas as áreas do conhecimento. Além disso, a avaliação não é esporádica, mas ocorre com intervalos regulares e relativamente curtos. Desde a sua implantação, a periodicidade era anual, passando a ser bienal a partir de 1982.

O contexto decisório (ambiente de pesquisa) está situado na Coordenação de Candidaturas a Bolsas e Auxílios no Exterior – CCE. O setor é responsável pelo processo de divulgar, organizar e selecionar os candidatos à bolsa no exterior, sob a orientação da Coordenação Geral de Programas no Exterior – CGPE.



O trabalho prático tem como objetivo principal apresentar um Modelo de Multicritérios para Apoiar a Decisão de selecionar candidatos à bolsa de estudos pelo programa de Aperfeiçoamento em Artes no Exterior – *ApArtes*, conforme mostra a Figura 1, o setor responsável por este programa. Este modelo servirá de suporte para subsidiar os consultores da área de Artes na avaliação dos candidatos.



**Figura 1** – Contexto decisório dentro da estrutura da CAPES.

É um programa não acadêmico, ou seja, não é preciso que se tenha curso superior. Basta ter aptidão e saber falar a língua do país em que se pretende fazer o curso. O *ApArtes* objetiva proporcionar treinamento em performance artística para jovens na faixa etária entre 19 a 29, em início de carreira, nas subáreas de Música, Dança, Artes Plásticas, Artes Cênicas, Cinema/Vídeo e Fotografia.

### 3.2 – Estruturação do Modelo

Para elaborar a estruturação do problema foi realizada uma reunião com todos os envolvidos (decisores) responsáveis pelo programa, quando se explicou a metodologia proposta em tese, da seguinte forma:

- O primeiro passo era definir com os decisores um **rótulo** para o problema, ou seja, um título que descrevesse seu objetivo principal;
- No segundo passo, cabia identificar todos os atores envolvidos no processo decisório (na pesquisa).
- Em seguida, devia iniciar-se a identificação dos elementos (critérios) de avaliação. Esses elementos, a princípio, receberam o nome de **elementos primários de avaliação (EPA)**. As identificações desses elementos levam em conta os aspectos relevantes, segundo o juízo de valores dos decisores na construção do modelo, tais como ações, objetivos estratégicos, perspectiva e conseqüências para atingirem-se os objetivos;
- A partir dos EPA construir-se-ia um **mapa cognitivo**, forma que resulta na identificação dos critérios de avaliação pelos decisores, segundo seu juízo de valor dos eventos associados ao contexto decisório;
- Identificar-se-iam os critérios denominados de **pontos de vista fundamentais (PVF)**, por meio do mapa cognitivo e, em seguida, transcrever-se-iam os PVF para uma representação gráfica denominada de **função de valor**;
- Finalmente, para cada PVF, seria construído um **descriptor**. Trata-se de um conjunto de níveis de impacto que serve para descrever os desempenhos dos candidatos.

A primeira reunião terminou quando foi explicado a todos os decisores que os procedimentos finalizam a fase de estruturação do modelo multicritério.

### 3.3 – Definição de um Rótulo

O rótulo tem a função de delimitar o contexto decisório, de tal forma a manter o foco nos aspectos mais relevantes na resolução do problema (Ensslin et al., 2001). Neste trabalho, o rótulo foi definido pelos atores junto ao facilitador como sendo:

- ***Avaliação dos Candidatos ao Programa de Aperfeiçoamento em Artes no Exterior – ApArtes.***

### 3.4 – Subsistema de Atores

Os indivíduos que participam do processo decisório, isto é, fazem parte da construção do modelo, constituem o subsistema de atores. Cada ator tem um sistema de valor que defende e que o representa (Ensslin et al., 2000). Os valores dos atores condicionam a formação dos seus objetivos, interesse e aspirações (Roy, 1996).

Os atores podem ser definidos da seguinte forma:

- **Intervenientes** são aqueles que participam diretamente do processo decisório, contribuindo com sugestões para construção do modelo. São aqueles atores que “sentam à mesa para decidir” (Ensslin et al., 2001, p. 18). Dentre os intervenientes os atores podem ser:
  - **Decisores** que recebem formal ou moralmente delegado o poder de decisão. O decisor é a pessoa que assume a culpa se a decisão gerar um resultado desastroso (von Winterfeldt e Edwards, 1986);
  - **Representantes** (chamado de “demandeur” por Roy, 1985) são os incumbidos pelo decisor de representá-lo no processo de apoio à decisão;
  - **Agidos** são aqueles que participam indiretamente do processo decisório; podem exercer pressões sobre os intervenientes. São os

atores que sofrem as conseqüências boas ou ruins da implantação das decisões tomadas.

- **Facilitador** é o especialista que tem a função de facilitar o processo de decisão com de ferramentas (modelos) construídas com tal finalidade (Ensslin et al., 2001). Suas recomendações devem ser isentas dos sistemas de valores que constituem mais um objetivo idealista do que a prática de apoio à decisão (Roy, 1996). O facilitador também é um ator do processo decisório, uma vez que ele nunca será neutro totalmente e, portanto, influencia (Schwarz, 1994).

O enquadramento dos atores na pesquisa foi realizado da seguinte forma:

- **Decisor:** Superintendente de Programas com o Exterior;
- **Representantes:** Coordenadora de Bolsas e Auxílio no Exterior;  
Coordenadora de Candidaturas a Bolsa e Auxílio no Exterior;  
Técnicos envolvidos com o programa *ApArtes*.
- **Agidos** { Diretos: Os bolsistas do programa *ApArtes*;  
Indiretos: A sociedade Brasileira.
- **Facilitador:** Autor da Tese.

### 3.5 – Elementos Primários de Avaliação

Os elementos (aspectos) que o decisor e os representantes consideram relevantes dentro do contexto decisório são chamados de **elementos primários de avaliação (EPA)** (Ensslin et al., 2201). É importante ressaltar que os EPA permitirão o início da construção do Mapa Cognitivo para identificar os PVF (critérios) de avaliação.

O facilitador tenta encorajar a criatividade dos decisores, estabelecendo alguns procedimentos tradicionais (Camacho e Paulus, 1995):

- Todos os EPA que vêm à mente devem ser expressos;
- Quanto mais quantidade de EPA melhor;
- Evitam-se críticas às idéias pronunciadas;
- Pode-se melhorar e combinar idéias já apresentadas.

Na segunda reunião, foi solicitado ao decisor que indicasse quais eram os EPA, importantes para avaliação de candidatos.

Conforme mostra a Figura 2, no total de três reuniões, foram identificados pelos atores vinte EPA, segundo seus pontos de vista.

<b>Elementos Primários de Avaliação (EPA)</b>	
Custo anual do curso	Equipe de trabalho do orientador
Produção do candidato na área da especialização	Experiência do orientador
Perspectiva de retorno do candidato	Interesse do orientador pelo aluno
Atuação profissional do candidato	Formação do candidato na área da especialização
Prazo de conclusão do curso	Perfil de liderança
Equipamento de informática do curso	Vinculação a grupo de trabalho
Proposta de trabalho do candidato	Potencial artístico do candidato
Destaque profissional do candidato	Avaliação do curso
Infra-estrutura do curso	Qualidade da biblioteca do curso
Acesso aos computadores do curso	Qualidades dos equipamentos do curso

**Figura 2** – Identificação pelos atores dos elementos primários de avaliação (EPA).

### 3.5.1 – Construção de Conceitos a Partir dos EPA

Para estruturar-se um mapa cognitivo, é necessário construir para cada elemento primário de avaliação um conceito, transformando-o único para uma ação desejada, ou seja, formar um contexto com cada EPA. Segundo (Ensslin et al., 2001) há aproximadamente doze palavras, denominando esses conceitos, também chamados de **primeiro pólo do conceito**. Cada mapa cognitivo tem uma perspectiva orientada à ação (Ackeman et al, 1995).

Cada conceito tem o seu **pólo oposto psicológico** (que consiste em contrastar com cada conceito formado, ver a Figura 3). O oposto psicológico tem como objetivo explicitar o conceito para não ter uma dupla interpretação, isto é, expressar o conceito de forma única, segundo os juízos de valor dos atores envolvidos na resolução do problema.

Ainda na terceira reunião feita com o decisor e os representantes, o facilitador solicitou que orientassem para cada EPA uma ação e o seu oposto psicológico, conforme mostra a Figura 3.

<b>Elementos Primários de Avaliação (EPA)</b>	
<b>EPA Orientados à Ação (Conceitos)</b>	<b>Oposto Psicológico dos Conceitos</b>
Custo das taxas escolares ser acessível ao programa	Comprometer o programa
Gerar produção artística	Sem produção artística
Retornar ao país após a conclusão	<b>Não retornar</b>
Ter vínculo empregatício na área	Sem vínculo
Concluir a especialização dentro do prazo	Aumentar o prazo
Ter equipamento de informática de última geração	Equipamentos obsoletos
Desenvolver um plano de trabalho adequado	Atender menos de 50%
Ter premiação na área da especialização	Nenhuma premiação
Ter uma boa infra-estrutura	Fraca
Ter acesso a “software” especializado na área	Não ter
Orientador ter uma boa equipe de trabalho	Equipe de baixo nível
Orientador ter uma boa produção	Produção regular
Orientador ser interessado pelo candidato	Desinteresse
Candidato ter formação na área da especialização	Formação em outra área
Mercado de trabalho ser promissor	Mercado de trabalho pequeno
Curso ser reconhecido internacionalmente	Pouca projeção
Candidato ter liderado grupo de trabalho	Não demonstra ter liderança
Candidato estar vinculado a grupo de trabalho	Sem vínculo
Aluno ter acesso à biblioteca 24 horas	Acesso limitado
Curso ter equipamentos de boa qualidade	Equipamentos obsoletos

**Figura 3** – Identificação pelos atores dos conceitos e o oposto psicológico.

## 3.6 – Mapas Cognitivos

Seguindo o paradigma construtivista, considera-se que cada decisor constrói seu problema, a partir das informações do contexto decisório por ele percebidas e interpretadas. Um **mapa cognitivo** permite representar o problema do decisor, bem como lidar com grupo de decisores, cada qual com seu próprio problema (Ensslin et al., 2001).

O mapa cognitivo é uma representação gráfica cuja finalidade é representar da melhor maneira possível uma situação (problema) onde os atores desejam que alguma coisa seja diferente de como ela é, não se sentindo, porém, muito seguros de como obtê-la. Em outras palavras, “o mapa cognitivo é uma ferramenta necessária para definir o problema a ser resolvido” (identificar os critérios de avaliação) (Ensslin et al., 2001, p. 77).

Existem diversos tipos de mapas cognitivos (ver uma extensa classificação em Fiol e Huff, 1992). Neste trabalho, o mapa cognitivo adotado é o **mapa cognitivo causal ou de influência** por ser o mais adequado no auxílio à estruturação de modelos multicritérios.

### 3.6.1 – Construção do Mapa Cognitivo

O mapa cognitivo de influência é definido por uma hierarquia de conceitos, relacionados por ligações de influência entre meios e fins (Ackermann et al., 1995 e Ensslin e Montibeller, 1998).

Para construir o mapa cognitivo é necessário realizar quatro etapas:

- Definir um Rótulo para o problema;
- Definir os Elementos Primários de Avaliação – EPA;
- Construir Conceitos a partir dos EPA;
- Construir a Hierarquia de Conceitos.

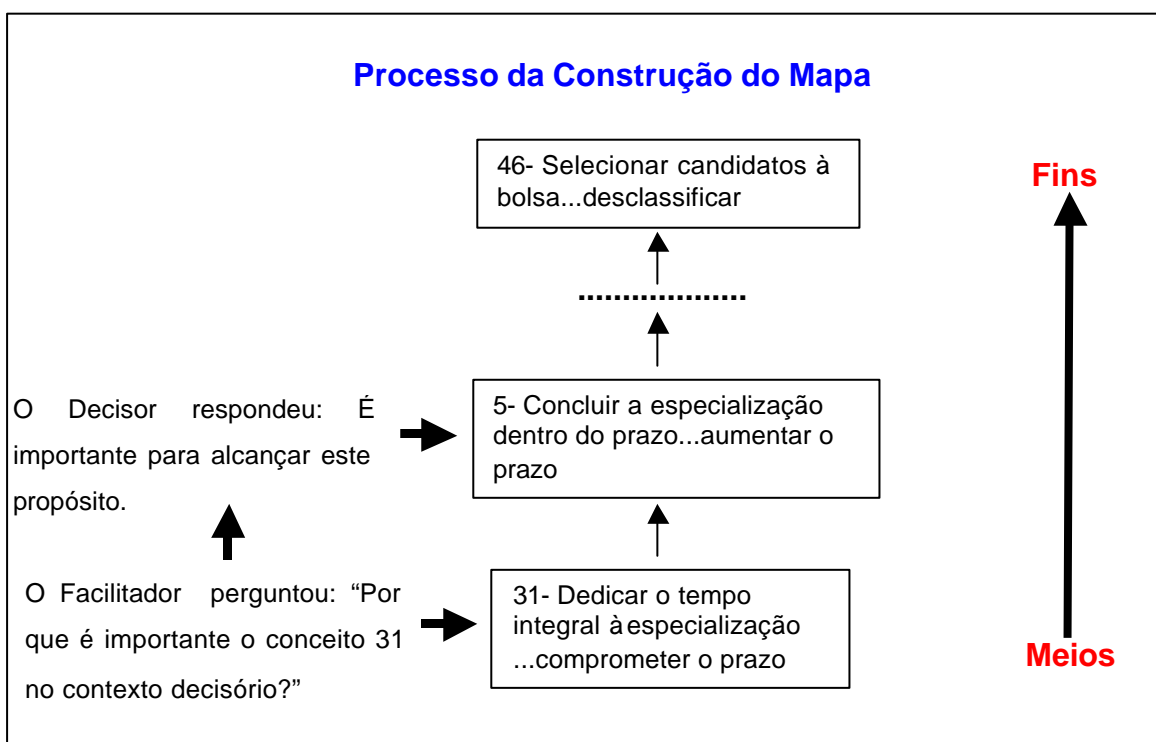


As três primeiras etapas já se realizaram. Falta, agora, realizar a quarta etapa: construir a hierarquia de conceitos.

A estrutura do mapa é formada por **conceitos meios** e **conceitos fins**, relacionados por ligações de influência (simbolizadas por flechas). O mapa sempre é feito em direção aos fins como objetivos de alcançar os objetivos estratégicos da seguinte forma (Ensslin et al., 2001):

- A partir de um conceito ( $C_1$ ) para atingir um **conceito fim** (está acima de  $C_1$ ) por meio das ligações de influência, o facilitador pergunta ao decisor: **Por que este conceito é importante para o Sr?** Conseqüentemente, o decisor irá responder que o conceito é importante para atingir um determinado fim (objetivo), que é o novo conceito em direção aos objetivos estratégicos (ver a Figura 4).

A Figura 4 mostra um exemplo da construção de um conceito em direção aos fins.

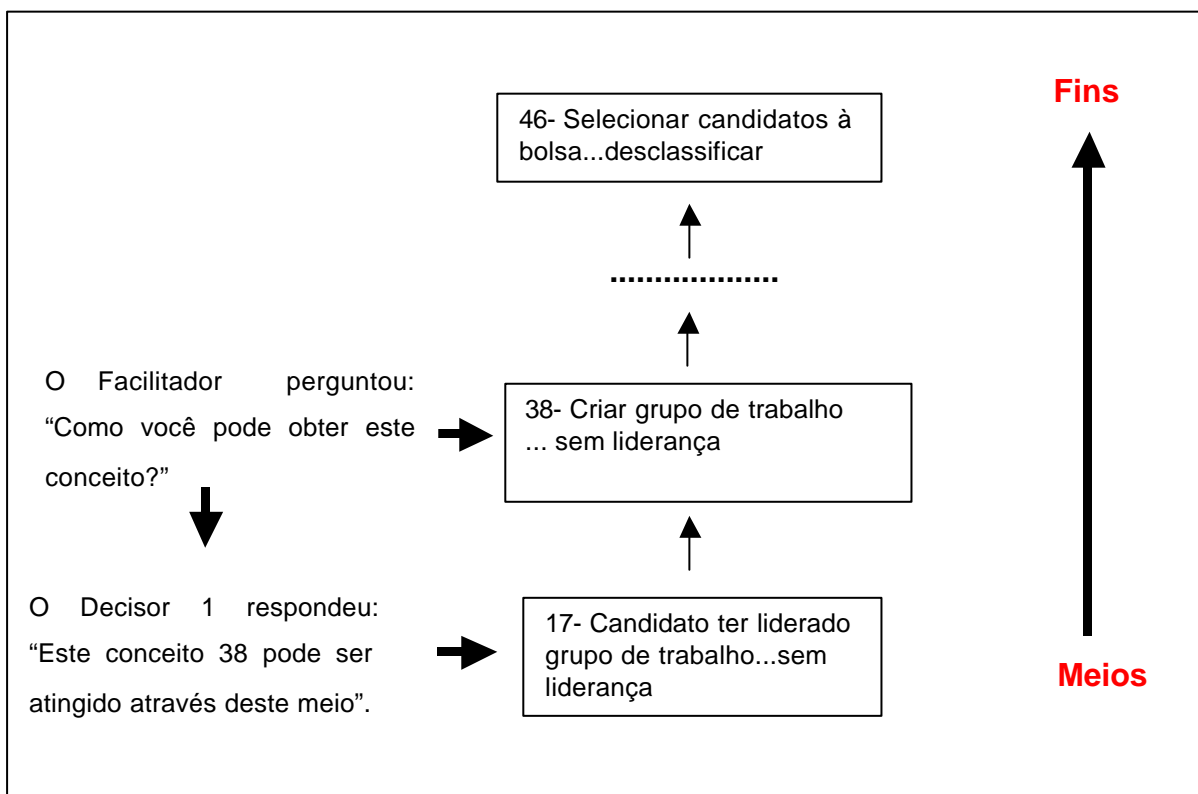


**Figura 4** – Construção dos conceitos em direção aos fins.

O processo continuou, com base na resposta do decisor, o facilitador voltou a perguntar qual a importância daquele conceito. O processo só parou quando se chegou ao último conceito superior – o objetivo estratégico. Desta forma, o mapa cognitivo foi construído em direção aos fins.

- A partir de um conceito ( $C_2$ ) para atingir um **conceito meio** (está abaixo de  $C_2$ ) através das ligações de influência, o facilitador indaga ao decisor: **Como o Sr. poderia obter tal conceito?** Conseqüentemente, o decisor irá responder que o conceito poderia ser atingido por determinado meio (objetivo). O processo em direção aos meios na construção do mapa cognitivo é usado para os conceitos que não têm nenhum inferior a ele (ver a Figura 5).

A Figura 5 mostra um exemplo da construção de um conceito em direção aos meios.



**Figura 5** – Construção dos conceitos em direção aos meios.

O processo em direção aos meios na construção do mapa cognitivo só foi usado para os conceitos que não tinham nenhum conceito inferior a eles. Então o facilitador indagava ao decisor em direção aos meios. Assim, o processo só parava quando não havia mais ações potências, ou seja, conceitos inferiores no contexto decisório.

A primeira alusão à construção do mapa cognitivo foi realizada na quarta reunião geral em que o decisor optou em fazer um único mapa, já que estava familiarizado com o problema. Após cada encontro com o decisor, o facilitador mostrava o desenvolvimento do mapa aos representantes que davam suas sugestões e, em seguida, o facilitador encaminhava para o próximo encontro com decisor para serem analisadas. Em geral, todas as sugestões dos representantes eram acatadas pelo decisor.

Terminada a construção do mapa cognitivo com 204 conceitos, foram detectados conceitos comuns, conceitos semelhantes, conceitos conflitantes e ligações de influência inadequada. Fez-se necessária uma correção do mapa, ou seja, um refinamento do mapa para corrigir essas distorções encontradas. Inseriam-se novos conceitos e outros foram excluídos. Fizeram-se novas ligações de influência entre conceitos já existentes e, também, novas ligações com os conceitos novos, numerando-os em seguida.

### 3.6.2 - Validação do Mapa Cognitivo

Após terem sido feitas todas as alterações no mapa cognitivo, o facilitador analisou as hierarquias dos conceitos meios-fins para certificar-se de que os conceitos estavam seguindo um raciocínio lógico até aos objetivos estratégicos.

O Facilitador entregou ao decisor a versão final de seu mapa cognitivo para que se pudessem fazer as últimas alterações necessárias. Não houve nenhuma alteração. Então o mapa validou-se, ou seja, o mapa cognitivo estava validado pelo decisor como também pelos representantes.

A Figura 6 mostra a versão final da estrutura do mapa cognitivo com a validação feita pelo decisor e os representantes. Os conceitos destacados com cores vermelhas são os conceitos construídos a partir dos EPA.

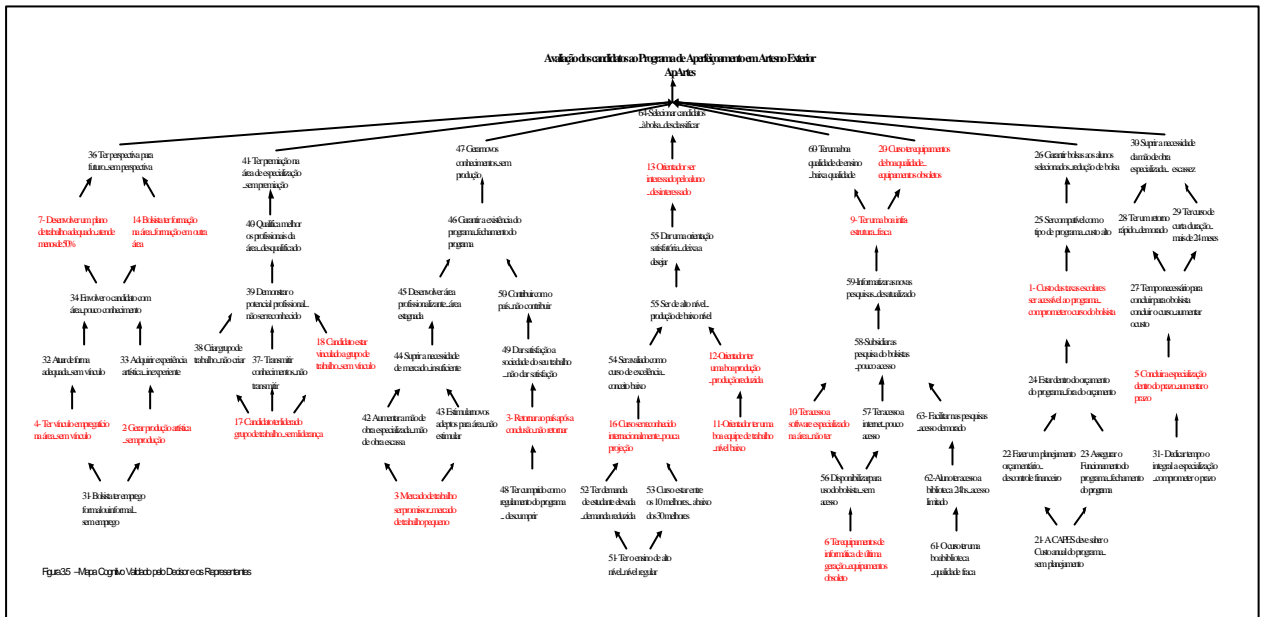


Figura 6 – Estrutura do mapa cognitivo e validado pelo decisor.

A Figura 7 mostra a versão final do mapa cognitivo validado pelo decisor.

Mapa Cognitivo  
(Figura 7)

### 3.7 – Análise do Mapa Cognitivo

A lógica da análise é ter um entendimento melhor do mapa cognitivo para estruturar o modelo multicritério. Segundo Ensslin (2001), a preocupação inicial da estruturação de um modelo multicritério é identificar quais são os aspectos, considerados pelo decisor como essenciais e desejáveis de serem levados em conta no processo de avaliação do problema (Ensslin et al., 2001). Um eixo de avaliação é definido como uma dimensão considerada como relevante, segundo os valores dos decisores, para avaliar as ações potenciais (Bana e Costa et al., 1999).

A identificação dos eixos de avaliação do mapa é chamada de transição do mapa cognitivo para o modelo multicritério. Para se fazer essa transição, utiliza-se uma série de ferramentas que permitirão analisar o mapa, apresentado neste capítulo (Ensslin et al., 2001).

#### 3.7.1 – Identificação das Áreas de Interesses

A identificação de uma área de interesse permite dividir o mapa cognitivo em vários mapas menores, formados por um conjunto de conceitos relacionados por aspectos semelhantes. Segundo Ensslin (1997), a divisão das áreas de interesses não é rígida, pois é comum acontecer de um mesmo conceito pertencer a mais de uma área de interesse.

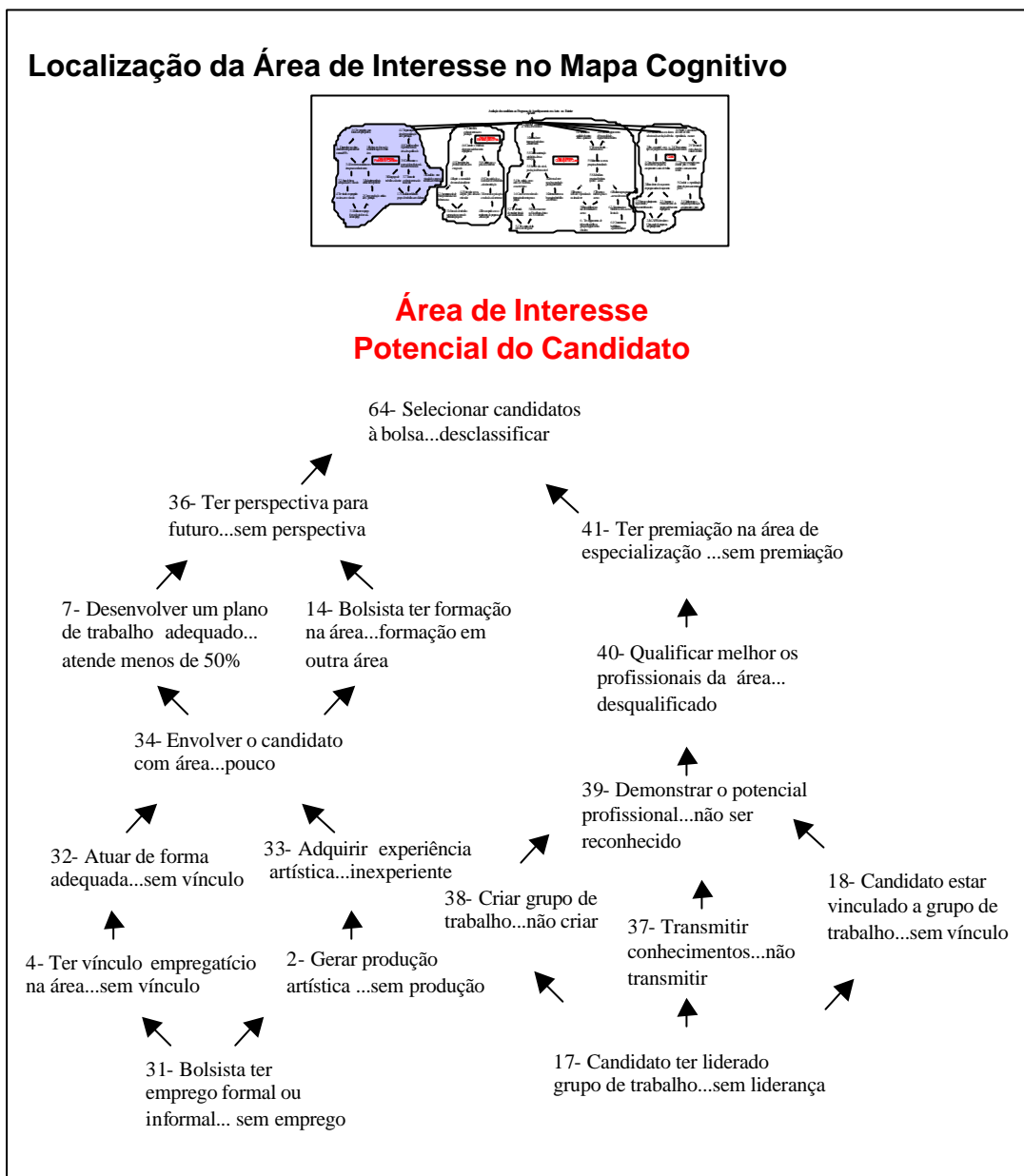
Após a validação do mapa cognitivo, o próximo passo foi a divisão do mapa em áreas de interesses. Solicitaram-se ao decisor e aos representantes sugestões comuns ao grupo para nomear as áreas de interesses. O mapa foi composto pelas seguintes áreas de interesses, conforme mostra a Figura 8:

- Potencial do Candidato;
- Benefício para o País;
- Qualificação do Curso;
- Custo.

Mapa Cognitivo com as Áreas de Interesses

Figura 8

A Figura 9 ilustra a área de interesse Potencial do Candidato do mapa cognitivo. O **Apêndice A** ilustra as demais áreas de interesses identificadas no mapa cognitivo.



**Figura 9** – Ilustração do mapa cognitivo da área de interesse Potencial do Candidato.



### 3.7.2 – Identificação dos Candidatos a Pontos de Vista Fundamentais (PVF)

Para identificar os candidatos a PVF, é necessário fazer-se uma **análise avançada** no mapa cognitivo para identificar os conceitos que explicitam os valores considerados mais importantes pelos atores envolvidos no problema. Para identificar os possíveis candidatos, convém utilizar-se das seguintes ferramentas (Ensslin et al., 2001):

- Identificação dos eixos de avaliação do problema, denominados de **ramos**;
- Identificação em cada ramo do possível conceito a candidato a PVF, a identificação dos candidatos é denominada de Enquadramento do Processo Decisório.

#### 3.7.2.1 – Identificação dos Ramos do Mapa Cognitivo

Um ramo é formado por um conjunto de conceitos inter relacionados por ligações de influência, em que os **conceitos transmitam idéias similares**, isto é, os conceitos por ligações de influência expressem claramente a preocupação ou a situação do problema.

As identificações dos ramos no mapa cognitivo são feitas em cada área de interesse nas quais se encontram os conjuntos de conceitos que expressam ou transmitem idéias semelhantes pelas ligações de influência .

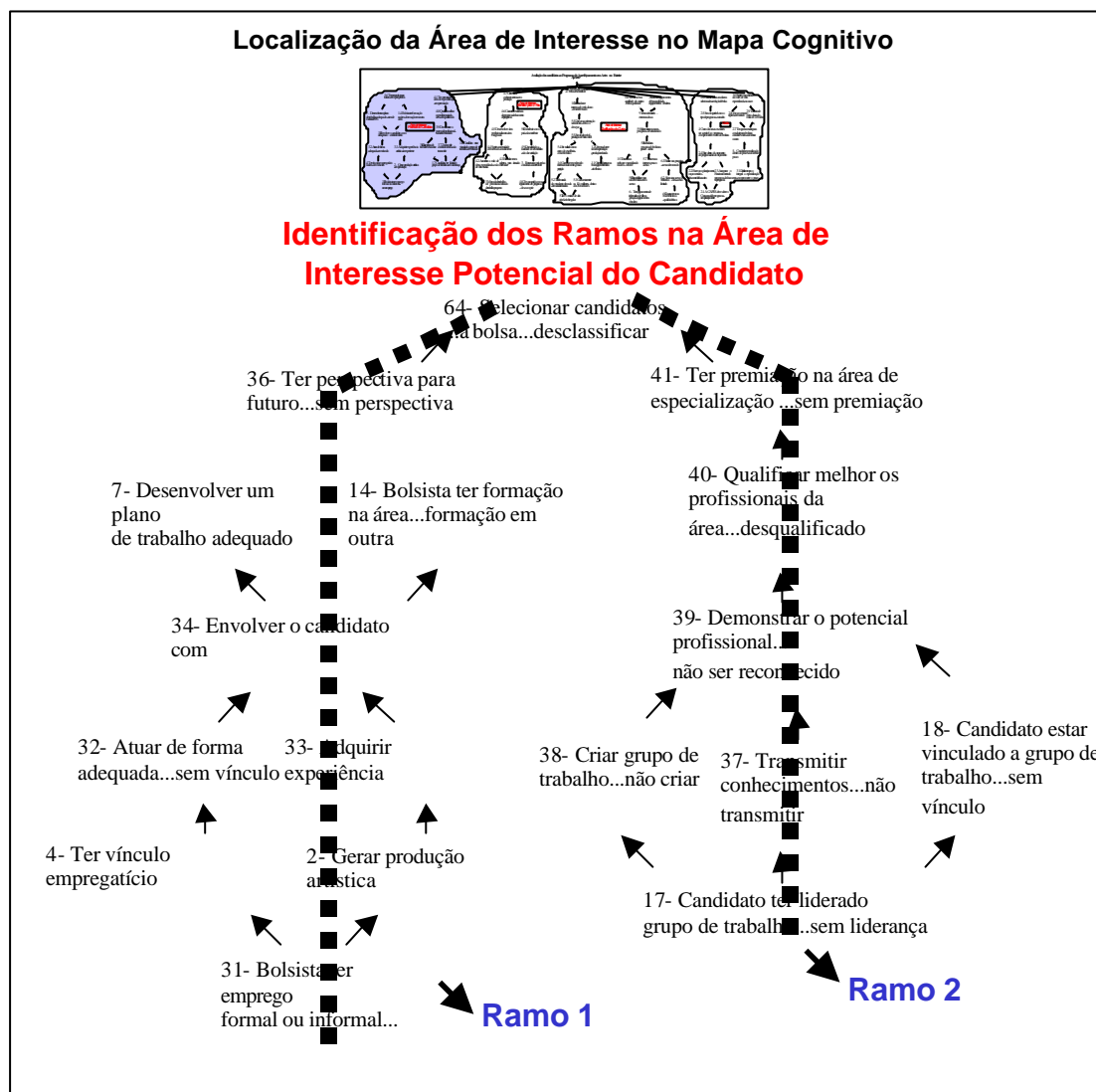
Em cada área de interesse, o facilitador identificou todos os ramos, obtendo os seguintes resultados:

- Potencial do Candidato → 2 ramos;
- Benefício para o País → 2 ramos;
- Qualificação do Curso → 3 ramos;
- Custo → 2 ramos.

A Figura 10 ilustra o Mapa Cognitivo com as áreas de interesse e os ramos identificados.

(FIGURA 10)

A Figura 11 ilustra a identificação dos ramos na área de interesse Potencial do Candidato do mapa cognitivo. O **Apêndice A** ilustra os demais ramos identificados nas áreas de interesses do mapa cognitivo.



**Figura 11** – Identificação dos ramos na área de interesse Potencial do Candidato no mapa cognitivo.

Os ramos da área de interesse Potencial do Candidato são formados pelos conceitos:

- $R_1 = \{ \{C_{31} \rightarrow C_2 \rightarrow C_{33} \rightarrow C_{34} \rightarrow C_{14} \rightarrow C_{36}\}, \{C_{31} \rightarrow C_{41} \rightarrow C_{32} \rightarrow C_{34} \rightarrow C_7 \rightarrow C_{36}\} \};$
- $R_2 = \{ \{C_{17} \rightarrow C_{38} \rightarrow C_{39} \rightarrow C_{40} \rightarrow C_{41} \rightarrow C_{36}\}, \{C_{17} \rightarrow C_{37} \rightarrow C_{39} \rightarrow C_{40} \rightarrow C_{41} \rightarrow C_{36}\}, \{C_{17} \rightarrow C_{18} \rightarrow C_{39} \rightarrow C_{40} \rightarrow C_{41} \rightarrow C_{36}\} \};$

### 3.7.2.2 – Enquadramento do Processo Decisório

Para determinar os candidatos a Pontos de Vista Fundamentais, é necessário realizar o **enquadramento do mapa do cognitivo** (Ensslin et al., 2001 ou Keeney 1992) que apresenta uma discussão detalhada sobre este importante tópico.

O enquadramento do processo decisório consiste em determinar em cada ramo de mapa cognitivo os procedimentos:

- Localizar os conceitos que expressam idéias relacionadas aos objetivos estratégicos (**L<sub>1</sub>**), isto é, conceitos que formam os objetivos estratégicos dos atores envolvidos no problema. Localizam-se na parte superior do mapa (conceitos-cabeça). São conceitos considerados **essenciais** quando expressam idéias suficientemente importantes;
- Localizar o conjunto de ações (**L<sub>3</sub>**), geralmente não estão expressas no mapa. São alternativas para alcançar os conceitos acerca das ações potenciais, localizados na parte inferior do mapa (conceitos-rabo). Os conceitos são considerados **controláveis** quando podem ser explicados por outros conceitos inferiores a eles;
- Localizar o candidato a PVF (**L<sub>2</sub>**). Trata-se do conceito que está entre **L<sub>1</sub>** e **L<sub>3</sub>**. O candidato a PVF é um conceito **essencial** e ao mesmo tempo **controlável**.

Os conceitos formadores dos objetivos estratégicos no mapa cognitivo são os que, segundo o decisor, servem como guia para as decisões, que por sua vez são os conceitos meios para atingir os objetivos estratégicos. Esses objetivos, na verdade, são julgamentos de valor do decisor que são interpretados pr meio dos PVF. Segundo Ensslin (2001), os PVF constituem-se os eixos de avaliação do problema.

Para identificar o candidato, o PVF localiza-se no ramo, o conceito nos sentidos fins-meios e meios-fins que expressam um **ponto de vista**, simultaneamente **essencial** e **controlável**, naquele contexto decisório (Ensslin et al., 2001).

A Figura 12 “Cone de Keeney” ilustra o processo de enquadramento de uma área de interesse com os três planos  $L_1$ ,  $L_2$  e  $L_3$ .

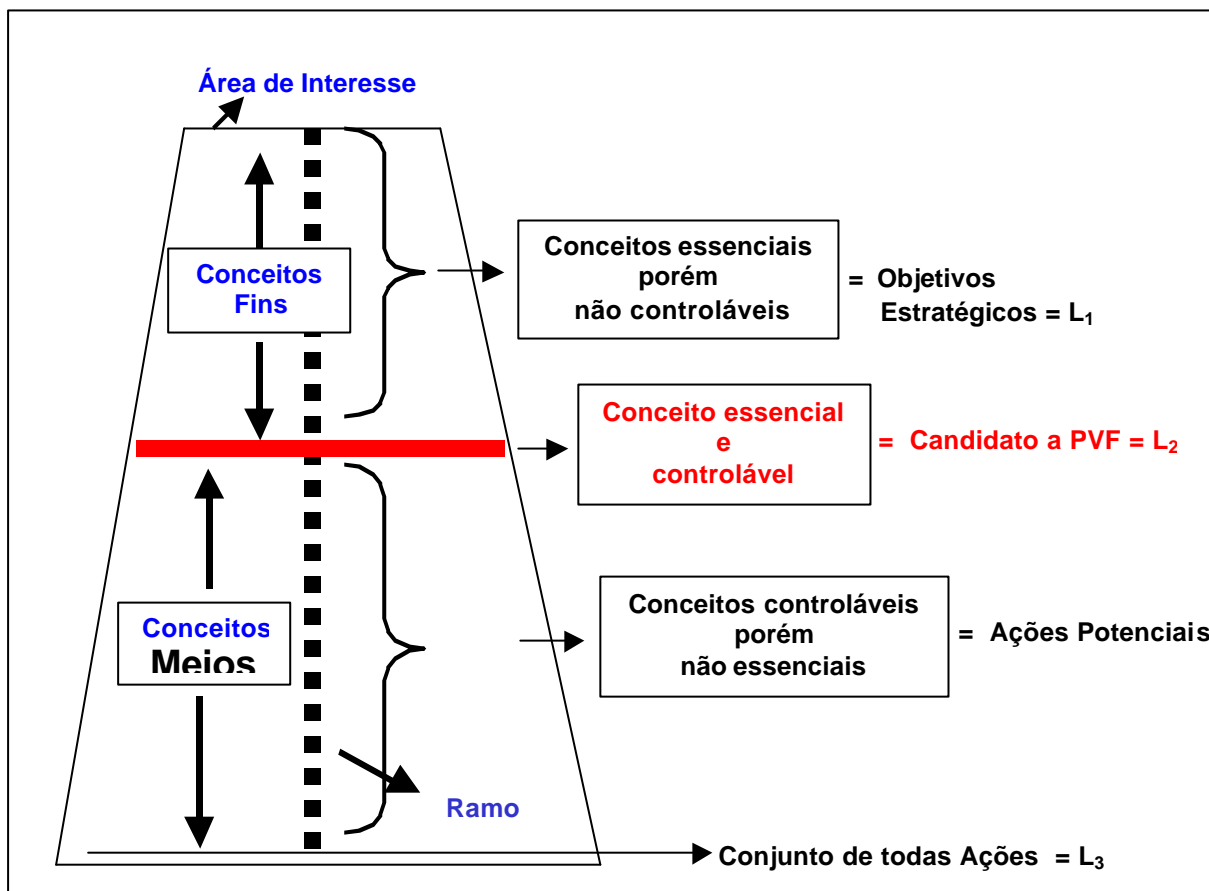
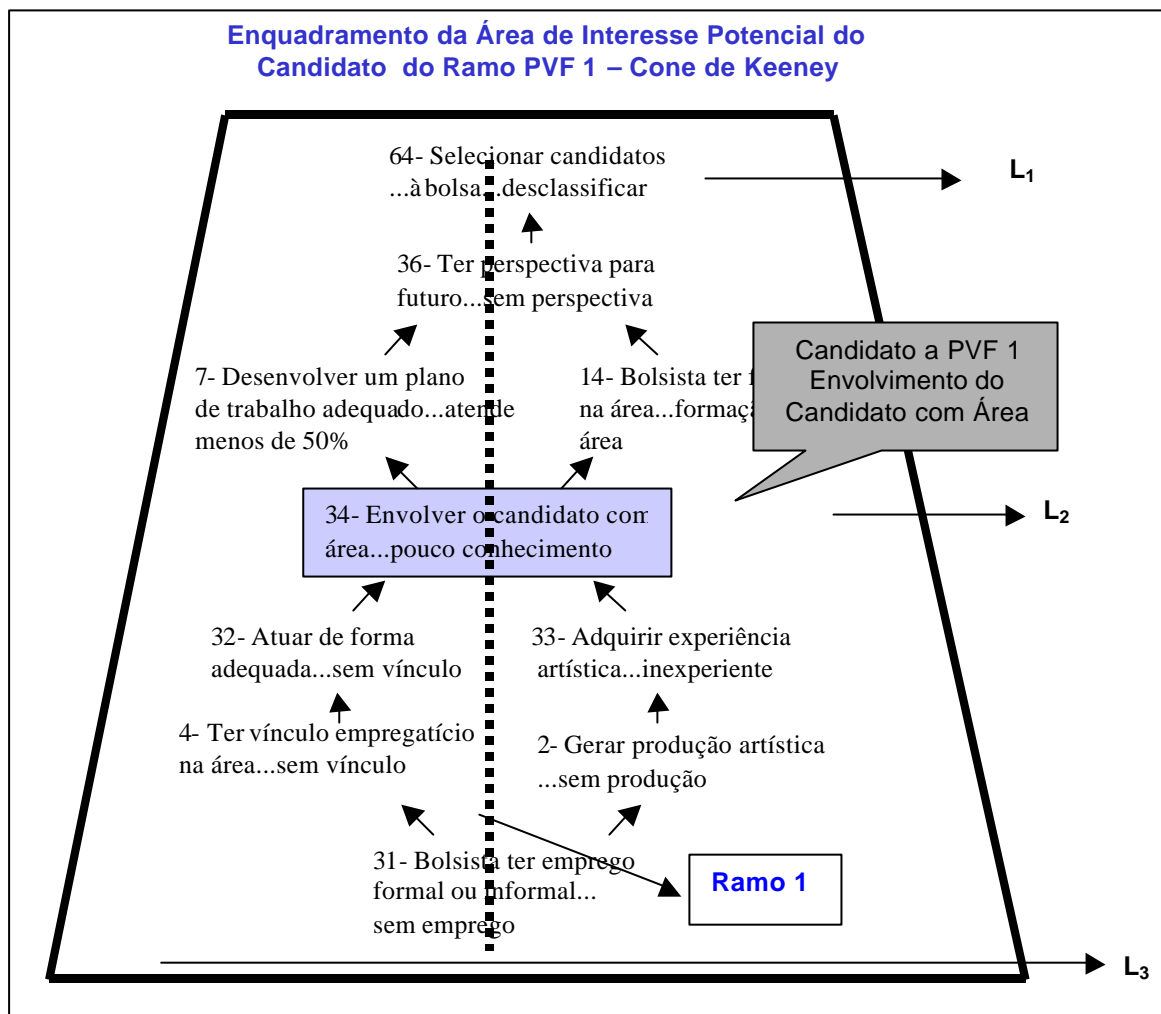


Figura 12 – Ilustração do processo de enquadramento de um ramo.

A seguir, mostrar-se-á o enquadramento da área de interesse Potencial do Candidato para identificar os candidatos a PVF, conforme a Figura 13.



**Figura 13** – Ilustração do enquadramento do ramo 1 da área de interesse Potencial do Candidato.

O **Apêndice A** mostra o enquadramento dos demais ramos com suas áreas de interesses.

### 3.7.3 – Identificação do Ponto de Vista Fundamental

Depois de concluído o enquadramento do mapa cognitivo, onde foi determinado um conjunto de candidatos a Pontos de Vista Fundamentais, há que se construir um modelo multicritério. Para isso, é necessário que os candidatos a PVF constituam uma família de pontos de vista fundamentais (Bana e Costa, 1992). Essa família servirá de base à construção de um modelo multicritério para a avaliação das ações potenciais (Ensslin et al., 2001).

Para que os candidatos a PVF passem a ser uma família de PVF, convém obedecer-se às propriedades seguintes (Keeney, 1996):

- **Essencial e Controlável** → são condições necessárias e suficientes para serem candidatos a PVF;
- **Completo** → se o conjunto de candidatos a PVF inclui todos os aspectos fundamentais do contexto decisório segundo o decisor, ou seja, se está faltando ainda algum conceito fundamental no mapa;
- **Mensurável** → permite que a família de PVF se construa descritor para medir as ações potenciais;
- **Não-redundante** → O conjunto de PV não pode levar em conta o mesmo aspecto mais de uma vez;
- **Conciso** → o número de aspectos considerados pela família de PVF é o mínimo necessário para equacionar de forma adequada o problema, segundo o juízo de valor do decisor;
- **Compreensível** → o conjunto de PVF deve ter um significado claro por todos os atores envolvidos no problema;
- **Isolável** → a família de PVF tem que ser independente para que um aspecto fundamental não interfira em outro PVF.

O conjunto de candidatos a PVF atende a todas as propriedades acima e teve a validação do decisor.

Portanto, o conjunto de candidatos a PVF pode ser considerado uma **família de Pontos de Vista Fundamentais**:

- PVF 1 – Envolvimento do Candidato com Área;
- PVF 2 – Potencial Profissional;
- PVF 3 – Potencial da Área;
- PVF 4 – Retorno ao País;

- PVF 5 – Avaliação do Curso;
- PVF 6 – Qualificação e Interesse do Orientador;
- PVF 7 – Infra-estrutura;
- PVF 8 – Custo do Curso;
- PVF 9 – Tempo Previsto para Conclusão.

### 3.8 – Construção da Árvore de Valor

Ao ser identificada a família de candidatos a Pontos de Vista Fundamentais, é possível representá-la na forma de uma arborescência (diagrama de árvore). Desta forma, aumentar o grau de compreensão sobre os aspectos a serem avaliados no conjunto de ações potenciais (Ensslin et al., 2001). Constrói-se uma **árvore de valor** (árvore de ponto de vista) (Bana e Costa, 1992).

A Figura 14 apresenta um modelo da árvore de valor do modelo construído de **Avaliação dos Candidatos ao Programa de Aperfeiçoamento em Artes no Exterior – ApArte**, segundo o juízo de valor do decisor. A árvore de valor contém os seguintes aspectos:

- **Objetivos Estratégicos** → comum ao decisor que engloba seus valores com relação ao contexto decisório;
- **Áreas de Interesses** → concentram-se os conceitos com preocupações semelhantes do decisor;
- **Pontos de Vista Fundamentais (Critérios)** → conceitos que expressam os valores do decisor nesse processo decisório.



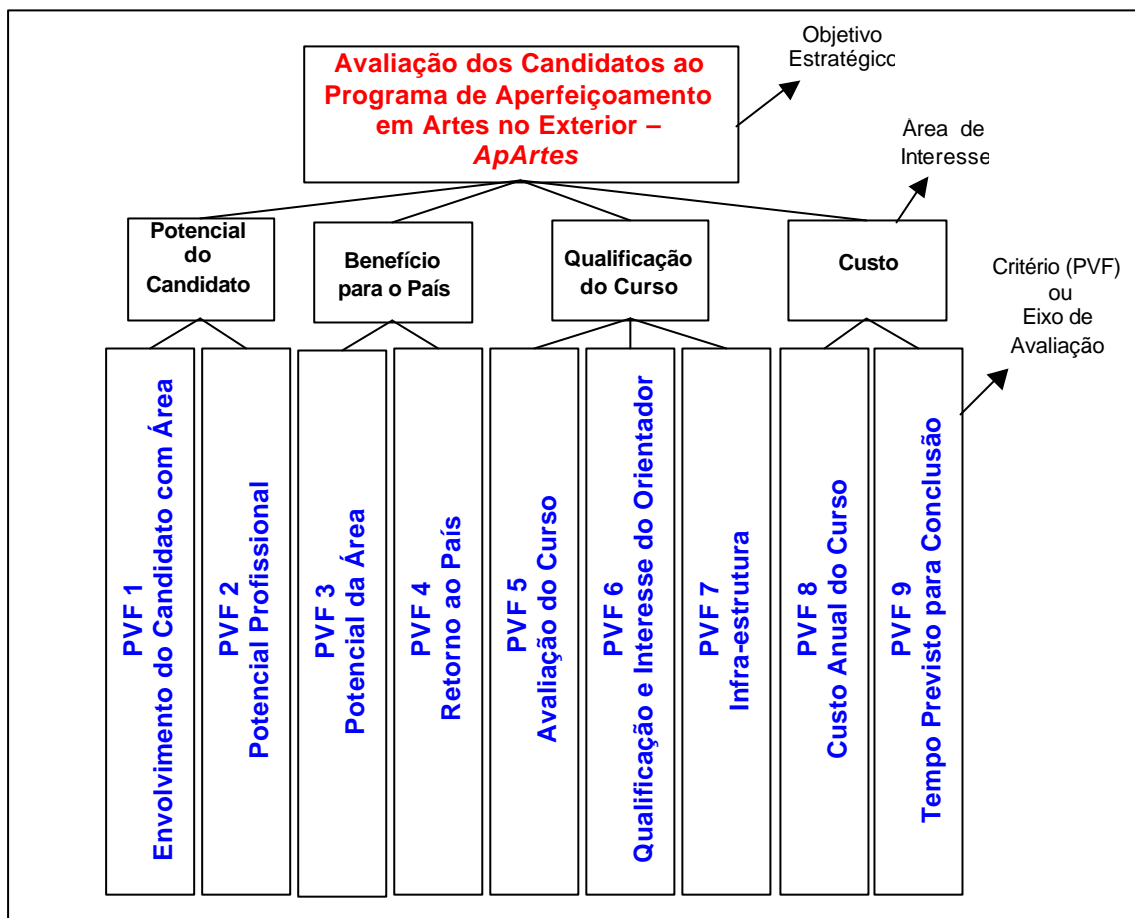


Figura 14 – Árvore de Valor com seus eixos de avaliações.

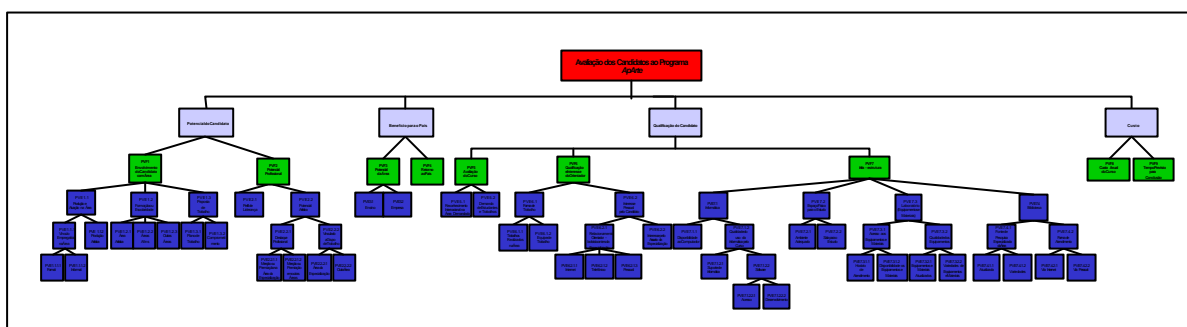
### 3.8.1 – Estrutura da Árvore de Valor

A Figura 14 ilustra a árvore de valor com os critérios (PVF) de nível hierárquico superior (primeiro nível). Esses critérios, em geral, são complexos de ser mensurados, sendo, às vezes, necessário decompô-los em subcritérios, denominados de **pontos de vista elementares (PVE)**, tornando mais fácil a mensuração. O critério de nível hierárquico superior é definido pelo conjunto de critérios de nível hierárquico inferior a ele ligados na árvore (Ensslin et al., 2001).

Segundo Ensslin (2001), os critérios de nível hierárquico inferior devem ser mutuamente exclusivos e coletivamente necessitam fornecer uma caracterização exaustiva (completa) do critério de nível hierárquico superior.

O critério PVF  $i$  é decomposto em um conjunto de dois ou mais critérios hierarquicamente inferiores PVE  $i.1$  e PVE  $i.2$ . Por sua vez, o primeiro (PVE  $i.1$ ) é subdividido em dois ou mais critérios PVE  $i.1.1$  e PVE  $i.1.2$ . Já o segundo (PVE  $i.2$ ) segue o mesmo raciocínio do primeiro até chegar nos critérios hierarquicamente inferiores da árvore de valor, construída, segundo o juízo de valor do decisor, onde  $i = 1,2,3,\dots,n$  (Ensslin et al., 2001).

A Figura 15 mostra a estrutura genérica do modelo multicritério que adota a estrutura de árvore de valor validada pelo decisor.

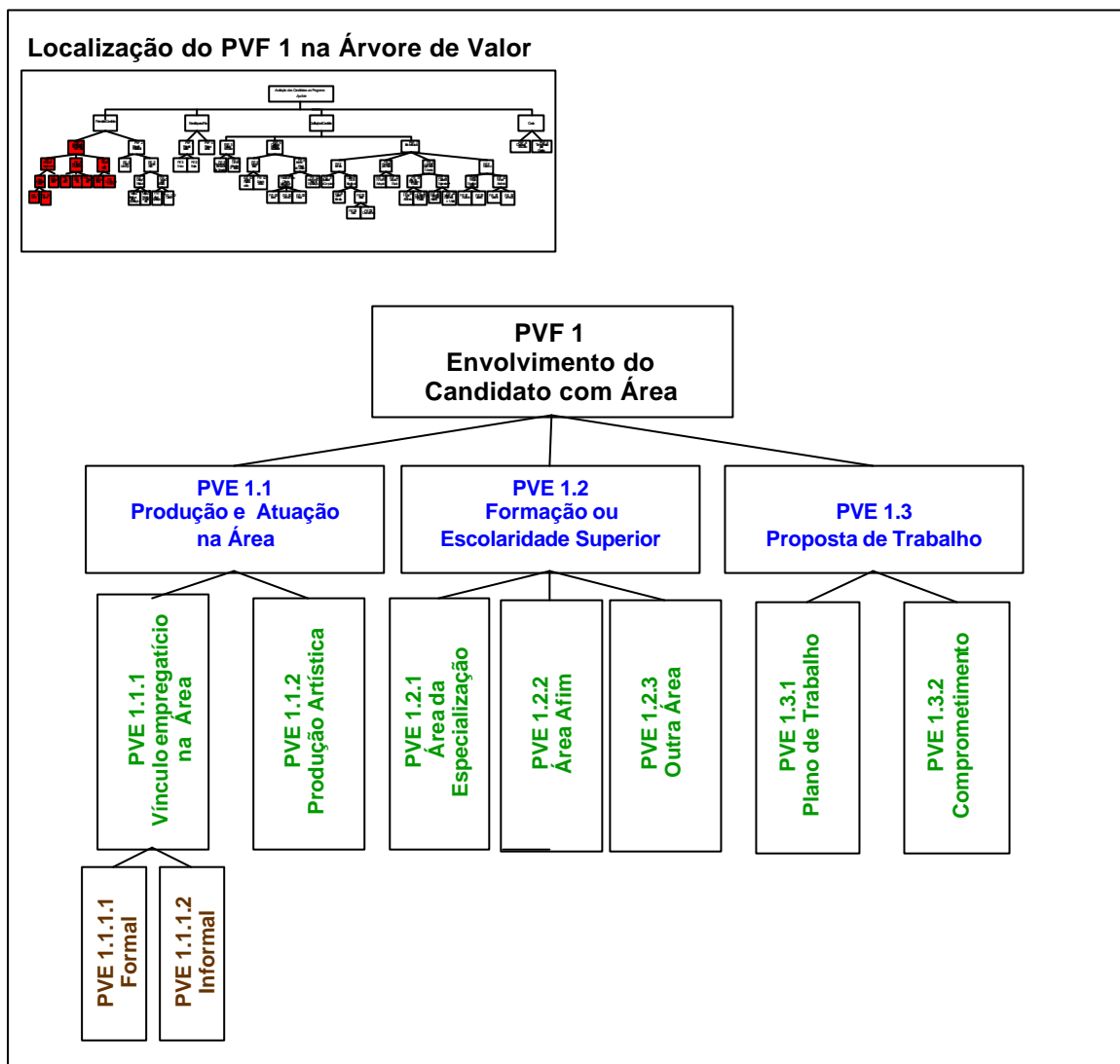


**Figura 15** – Estrutura genérica da árvore de valor do estudo de caso validado pelo decisor.

A árvore de valor tem a seguinte estrutura:

- Um objetivo estratégico (vermelho);
- Quatro áreas de interesses (cinza);
- Nove critérios ou PVF (verde);
- Quinze subcritérios ou PVE de segundo nível (azul);
- Vinte e um subcritérios ou PVE de terceiro nível (azul);
- Dezenove subcritérios ou PVE de quarto nível (azul);
- Dois subcritérios ou PVE de quinto nível (azul).

A Figura 16 mostra o PVF 1 – Envolvimento do Candidato com Área com seus Pontos de Vista Elementares (Subcritérios).



**Figura 16** – Apresentação do PVF 1 – Envolvimento do Candidato com Área e com os seus PVE da árvore de valor.

O **Apêndice A** mostra em detalhes cada PVF com seus subcritérios (PVE).

### 3.9 – Descritores

Definida a árvore de valor, inicia-se a construção de descritores que permita mensurar a performance (desempenho) de cada ação avaliada em cada ponto de vista (Ensslin et al., 2001).

Nesta Seção serão apresentados os aspectos **teóricos** e **práticos** para a construção dos descritores. A construção dos descritores é considerada como uma das etapas mais importantes na estruturação do modelo, ou seja, ela influenciará na qualidade do modelo multicritério, Ensslin (2001).

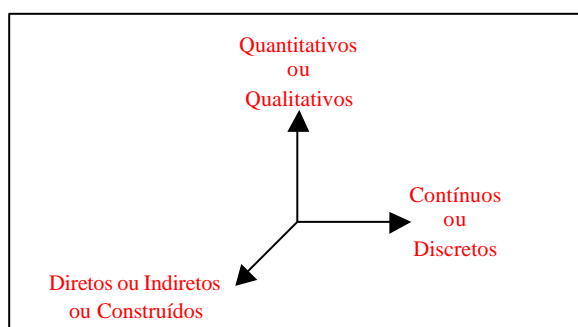
Segundo o paradigma do construtivismo, não existe um descritor **ótimo** para avaliar um Ponto de Vista Fundamental. O descritor é considerado **adequado** à medida que os decisores o considerem como uma ferramenta apropriada à avaliação das ações potenciais (Roy, 1993).

Os descritores construídos têm os seguintes propósitos:

- Auxiliar na compreensão do que os decisores estão considerando;
- Tornar o ponto de vista inteligível;
- Permitir a geração de ações de aperfeiçoamento;
- Possibilitar a construção de escalas de preferências locais;
- Permitir a mensuração de desempenho de ações em um critério;
- Auxiliar a construção de um modelo global de avaliação.

### 3.9.1 – Tipos de Descritores

Os descritores podem ser classificados em três tipos (Keneey, 1992): diretos, construídos e indiretos. Ainda podem ser classificados em quantitativos ou qualitativos, e contínuos ou discretos, como mostra a Figura 17.



**Figura 17** – Classificação dos tipos de descritores.

Os descritores usados neste trabalho são classificados como sendo **construídos, qualitativos e discretos**. Caso se queira ver em detalhes a classificação de descritor (Ensslin et al., 201) como também no Capítulo 5 um estudo aprofundado sobre Teoria da Medida:

O descritor **construído** explica, segundo as percepções dos atores, os possíveis níveis de impactos que uma ação pode ter em um PVF de forma exaustiva, mas concisa. Geralmente, para construir-se um descritor, é necessário decompor o eixo de avaliação, isto é, decompor os PVF em vários PVE;

O descritor **qualitativo** é representado por expressões semânticas como também por representações pictóricas para descrever o ponto de vista;

O descritor **discreto** é representado por um número finito de níveis de impacto. Todas as possíveis conseqüências das ações são expressas pelos níveis que compõem o descritor.

Três são as propriedades desejáveis para que um descritor seja considerado adequado (Keeney, 1992):

- **Mensurabilidade:** Um descritor é mensurável quando permite quantificar a performance (desempenho) de uma ação de forma clara;
- **Operacionalidade:** Um descritor é considerado operacional quando permite mensurar um critério, de forma independente, a qualquer outro critério; o desempenho de uma ação potencial em um determinado PVF é claramente associável a um único nível de impacto;
- **Compreensibilidade:** Um descritor é considerado compreensível quando os seus níveis de impactos não fornecem interpretação ambígua.

### 3.9.2 – Teste da Independência Mútua

Para se construir um descritor, é necessário analisar se os pontos de vista elementares (PVE) são isoláveis, isto é, se os PVE são independentes mutuamente. Caso os PVE sejam independentes, constrói-se um descritor para cada um deles. Caso sejam dependentes (quando uma ação não pode ser julgada sem levar em conta sua influência em outra), deve-se juntá-los em um único descritor (Ensslin et al., 2001).

O teste de independência preferencial entre dois pontos de vista (dois PVF ou dois PVE) é feito par-a-par, analisando-se duas condições (Ensslin et al., 2001):

- **Independência preferencial ordinal:** analisa se o impacto (desempenho) de uma ação no ponto de vista não depende do impacto dessa ação em outro ponto de vista e vice e versa. O impacto de uma ação tem que ser independente do impacto tomado em qualquer outro ponto de vista;
- **Independência preferencial cardinal:** analisa-se o grau de atratividade de uma ação permanece constante em um ponto de vista em todos os níveis.

Os testes de **isolabilidade** (independência) dos pontos de vista são feitos, quando há a suspeita de dependência entre os pontos de vista, devido à quantidade grande de pontos de vista construídos nos modelos de multicritérios. Mesmo que haja dois pontos de vista esteticamente dependentes e se o decisor julgar que não são, segundo seu ponto de vista, eles são considerados como isoláveis (Ensslin et al., 2001).

### 3.9.3 – Construção dos Descritores

Agora, será mostrada a construção por etapa de um descritor do estudo de caso. O descritor a ser construído é o da Figura 18 da área de interesse Potencial do Candidato; **PVF 1 – Envolvimento do Candidato com Área**. Este PVF procura avaliar o envolvimento e o comprometimento do candidato com a área artística da especialização. O PVF 1 foi desmembrado em três PVE de segundo nível, sete de terceiro nível e dois de quarto nível.

A Figura 18 apresenta um fluxograma do roteiro para construir um descritor.

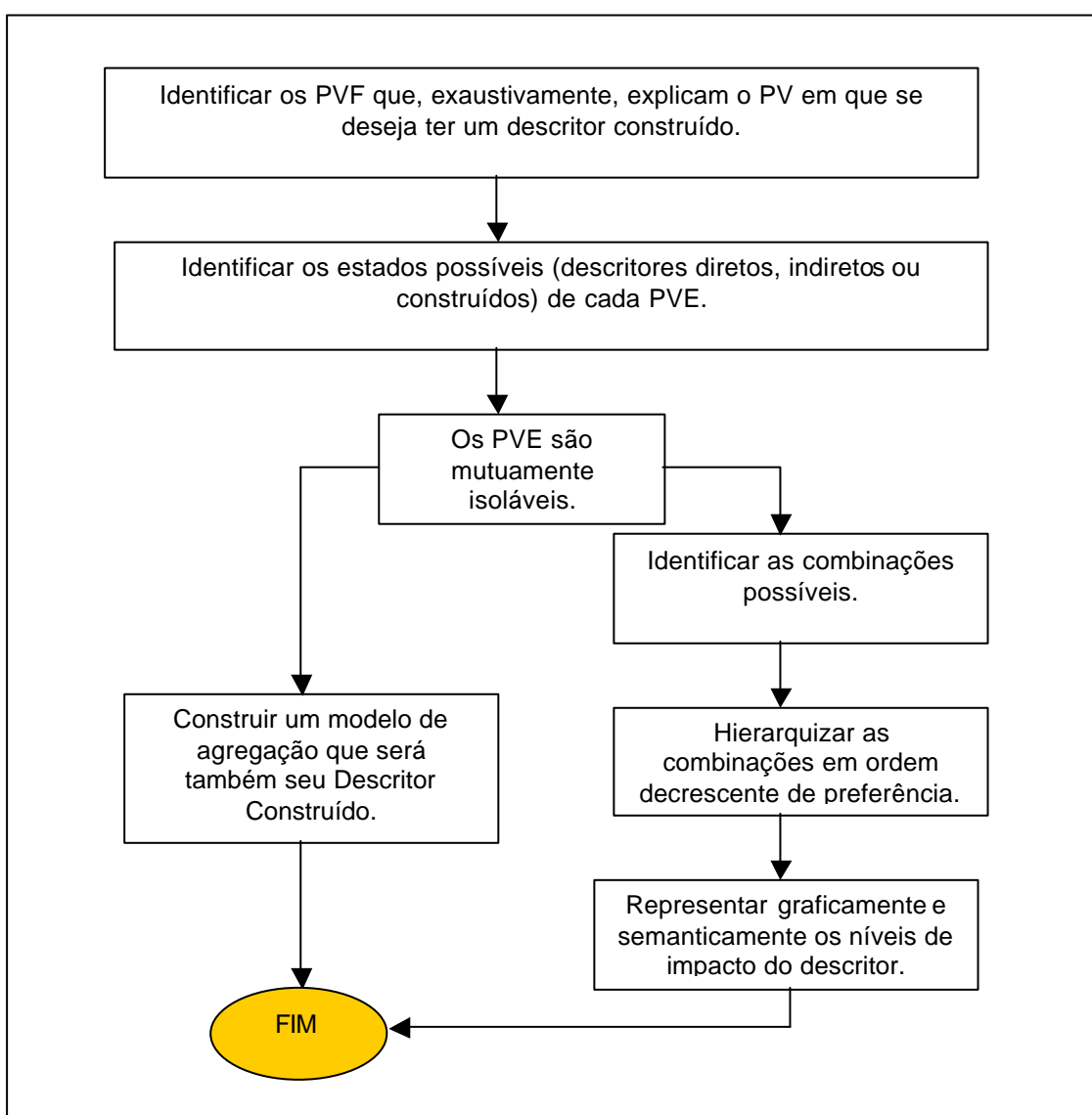
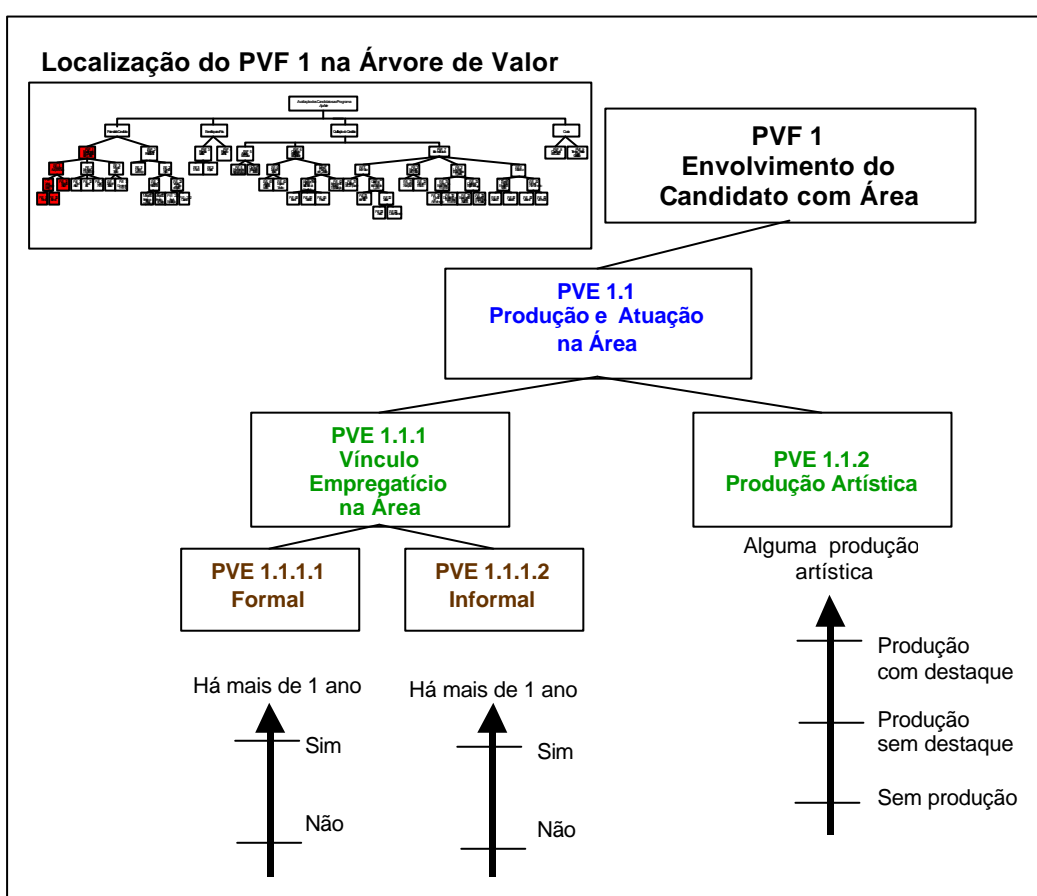


Figura 18 – Fluxograma para gerar um descritor construído.

Seguindo o roteiro do fluxograma da Figura 18, o primeiro passo foi construir os possíveis estados dos PVE, conforme mostra a Figura 19.

A preocupação do decisor com relação ao PVE Vínculo Empregatício na Área concentra-se no candidato tem emprego formal ou informal, Neste caso, foram construídos os estados possíveis, cada um com dois níveis. Quanto ao PVE Produção Artística, a preocupação do decisor é saber se o candidato tem alguma produção com qualidade. Para este caso, foram construídos os estados possíveis com três níveis.



**Figura 19** – Estados possíveis dos PVE 1.1.1 – Vínculo Empregatício na Área e o PVE 1.1.2 – Produção Artística.

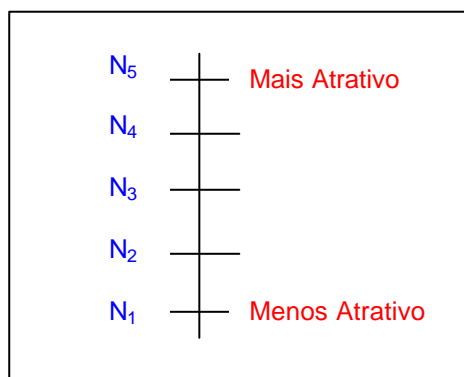
Após a identificação dos **estados possíveis** dos pontos de vista, o próximo passo é verificar se há PVE **não isoláveis** e, em seguida, descrever cada estado possível de forma que represente os aspectos mais relevantes de cada ponto de vista.



O próximo passo é associar-se cada estado possível a um **nível de impacto**  $N_j$ , onde  $j$  corresponde à ordem decrescente de preferência do decisor, isto é:

- $N_j \rightarrow$  corresponde ao nível de impacto com **maior atratividade** (limite superior);
- $N_{j-1} \rightarrow$  corresponde ao nível de impacto de **atratividade imediatamente inferior**;
- .....
- $N_1 \rightarrow$  corresponde ao nível de impacto com **menor atratividade** (limite inferior);

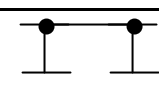
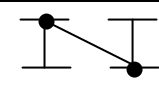
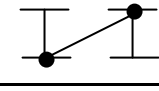

Um descritor pode ser definido, segundo Bana e Costa (1992) como um conjunto de níveis de impacto que serve como base para descrever os desempenhos plausíveis das ações potenciais em termo de cada PVF. Os níveis de impacto devem estar ordenados em termos de preferência, segundo os sistemas de valores dos atores. O nível **mais atrativo** corresponde à ação de desempenho **melhor possível**; o nível **menos atrativo**, corresponde a uma ação com a **pior atuação aceitável** (Ensslin et al., 2001). Esses níveis de impacto têm uma ordenação decrescente do nível mais atrativo até o nível menos atrativo, como mostra a Figura 20.



**Figura 20** – Estados possíveis de um descritor

Para haver operacionalização de um critério pelo descritor, adequadamente, é preciso a mínima ambigüidade possível. O descritor é considerado não ambíguo quando seus níveis de impacto têm um significado claro aos atores envolvidos no processo decisório (Ensslin et al., 2001).

A Figura 21 mostra o descritor do PVE 1.1.1 – Vínculo Empregatício na Área construído a partir dos PVE 1.1.1.1 – Formal e o PVE 1.1.1.2 – Informal. Esses dois PVE 1.1.1.1 e 1.1.1.2 **não eram isoláveis**. Assim formou-se um só descritor para representar melhor o PVE 1.1.1 – Vínculo Empregatício (ver Figura 20).

Descritor do PVE 1.1.1 – Vínculo Empregatício na Área		
Níveis de Impacto	Descrição	Simbologia
N <sub>4</sub>	O candidato tem emprego formal e informal há mais de 1 ano.	
N <sub>3</sub>	O candidato só tem emprego formal há mais de 1 ano.	
N <sub>2</sub>	O candidato tem só emprego informal há mais de 1 ano.	
N <sub>1</sub>	O candidato não tem emprego formal e nem informal há mais de 1 ano.	

**Figura 21** – Descritor do PVE 1.1.1 – Vínculo Empregatício na Área.

A Figura 21 tem uma coluna representada por símbolo, significa que a descrição dessa linha foi construída por dois estados possíveis dos PVE 1.1.1.1 e 1.1.1.2 não isoláveis.

A Figura 22 mostra no descritor do PVE 1.1.2 – Produção Artística, cada nível do descritor com a descrição dos estados possíveis que representam esse PVE. O descritor tem os símbolos representados por um único estado possível.




Descritor do PVE 1.1.2 – Produção Artística		
Níveis de Impacto	Descrição	Simbologia
N <sub>3</sub>	O candidato tem produção artística com destaque.	
N <sub>2</sub>	O candidato tem produção artística sem destaque.	
N <sub>1</sub>	O candidato não tem produção artística.	

Figura 22 – Descritor do PVE 1.1.2 – Produção Artística.

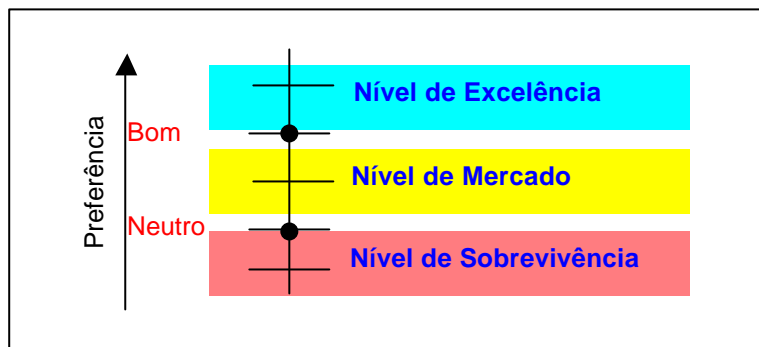
Os demais descritores dos pontos de vista estão apresentados no **Apêndice A**, com seus níveis de ancoragem Bom e Neutro, (ver **seção 3.9.1.4**) e, também, com as suas funções de valor, (**seção 3.10**).

### 3.9.3.1 – Níveis de Impacto Bom e Neutro de um Descritor

Em cada descritor, definem-se dois níveis de impacto de referência, o **Nível Bom** e o **Nível Neutro** (Bana e Costa e Vansnick, 1997).

Os níveis Bom e Neutro permitem uma maior inteligibilidade (Bana e Costa et al., 2000) do descritor e, conseqüentemente, do Ponto de Vista que está sendo avaliado (ver Ensslin et al., 2001).

O descritor, dotado com níveis Bom e Neutro, fica mais claro, no processo decisório para identificar as ações com **nível de excelência** (acima do nível Bom) as ações com de **nível de mercado** (entre o Bom e o Neutro), as ações com de **nível de sobrevivência** (abaixo do Neutro), segundo a percepção do decisor (Ensslin et al., 2001). Esses níveis de impacto que têm um desempenho inferior ao Neutro representam, para o decisor, uma situação não satisfatória, mas **ainda aceitável**, como mostra a Figura 23.



**Figura 23** – Descritor com os níveis de impacto Bom e Neutro.

As Figuras 24 e 25 mostram os descritores construídos dos PVE 1.1.1 – Vínculo Empregatício e do PVE 1.1.2 – Produção Artística, com os níveis **Bom** e **Neutro**.

Descritor do PVE 1.1.1 – Vínculo Empregatício na Área			
Níveis de Impacto	Níveis de Referência	Descrição	Simbologia
N <sub>4</sub>	Bom	O candidato tem emprego formal e informal há mais de 1 ano.	
N <sub>3</sub>		O candidato só tem emprego formal há mais de 1 ano.	
N <sub>2</sub>	Neutro	O candidato tem só emprego informal há mais de 1 ano.	
N <sub>1</sub>		O candidato não tem emprego formal e nem informal há mais de 1 ano.	

**Figura 24** – Descritor com os níveis Bom e Neutro do PVE 1.1.1 – Vínculo Empregatício na Área.

Descritor do PVE 1.1.2 – Produção Artística			
Níveis de Impacto	Níveis de Referência	Descrição	Simbologia
N <sub>3</sub>	Bom	O candidato tem produção artística com destaque.	
N <sub>2</sub>	Neutro	O candidato tem produção artística sem destaque.	
N <sub>1</sub>		O candidato não tem produção artística.	

**Figura 25** – Descritor com os níveis Bom e Neutro do PVE 1.1.2 – Produção Artística.

Os demais descritores como já foram mencionados em pontos de vista serão apresentados no **Apêndice A**.

### 3.10 – Função de Valor

As funções de valor (taxas de atratividade locais ou avaliações locais) são representações matemáticas, por meio de gráficos ou escalas numéricas, segundo o julgamento de valor do decisor sobre um determinado critério. Representam, numericamente, o grau de atratividade de cada nível de impacto de um descritor de um ponto de vista fundamental, em relação a uma escala ancorada em níveis pré-fixados, de acordo com o sistema de valor do decisor (Ensslin et al., 2001).

#### 3.10.1 – Construção de Função de Valor

Existem vários métodos descritos, na literatura, que podem ser usados para construir as funções de valor. Neste trabalho, o método a ser utilizado é o de **Julgamento Semântico** julgado pelo facilitador como o mais adequado para auxiliar o decisor na articulação de suas preferências, permitindo assim, avaliar ações potenciais em um determinado ponto de vista (Ensslin et al., 2001).

Nos métodos de julgamento semântico, a função de valor é construída a partir de **comparações par-a-par da diferença de atratividade** entre as ações potenciais (Beinat, 1995). As comparações são feitas, solicitando-se que o decisor expresse qualitativamente, por meio de uma **escala ordinal semântica** (com palavras), a intensidade de preferência de uma ação sobre a outra (ver em detalhes os tipos de escalas na **seção 5.4**).

O método de julgamento de valor a ser usado é o *Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique* (MACBETH), desenvolvido por Bana e Costa e Vanisck (1995) e implementado em *software*. Ele utiliza os julgamentos semânticos dos decisores para, com um de modelo de Programação Linear (Wagner, 1986) determinar a função de valor (valor numérico) que melhor represente tais julgamentos do decisor (Ensslin et al., 2001).

Cabe destacar que neste trabalho, não há o objetivo de se fazerem demonstrações matemáticas a respeito do uso do MACBETH. Está-se interessado no entendimento da aplicação desse *software*, desde que haja interesse nos procedimentos matemáticos (ver Bana e Costa et al., 1995).

O procedimento usado pelo MACBETH consiste em questionar os decisores para que expressem **verbalmente** a diferença de atratividade entre duas ações potenciais **a** e **b** (**a** mais atrativa que **b**), escolhendo uma das categorias semânticas:

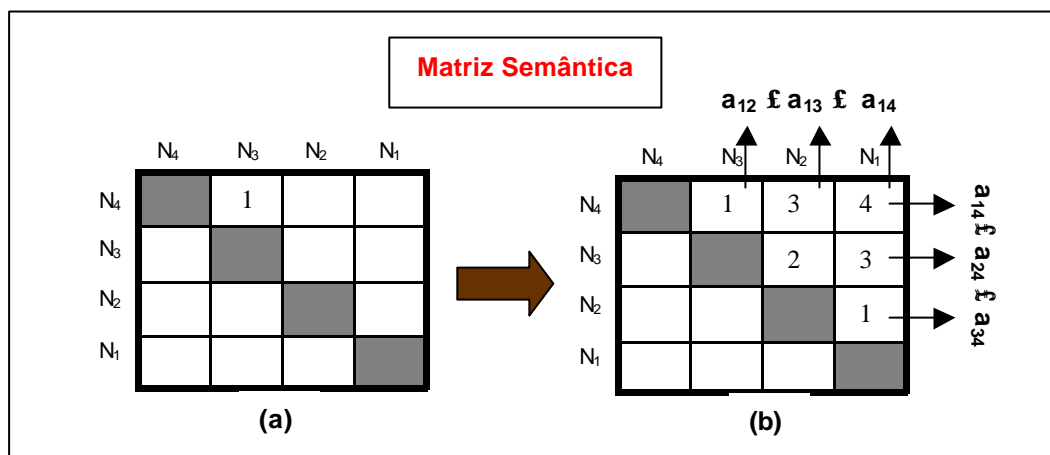
- C0 – **nenhuma** diferença de atratividade (**indiferença**);
- C1 – diferença de atratividade **muito fraca**;
- C2 – diferença de atratividade **fraca**;
- C3 – diferença de atratividade **moderada**;
- C4 – diferença de atratividade **forte**;
- C5 – diferença de atratividade **muito forte**;
- C6 – diferença de atratividade **extrema**.

Com base nas categorias semânticas, constrói-se uma matriz, denominada de matriz semântica que contém a resposta do decisor. Se o decisor julgar que a diferença de atratividade entre a ação “a” e a ação “b” for **muito fraca** coloca-se o valor 1 na intersecção da **linha** da ação “a” com a **coluna** da ação “b” da matriz, como mostra a Figura 26-a. O valor numérico 1 não tem significado numérico absoluto, apenas representa a categoria **muito fraca (C1)** do método MACBETH. Segue-se o mesmo raciocínio comparando-se as outras ações até completar a matriz (Ensslin et al., 2001).

Em algumas situações, o decisor não consegue manter uma consistência de todos os seus juízos de valor, principalmente quando há muitos julgamentos a serem analisados para determinar a matriz semântica.

Na matriz semântica, considere  $a_{ij}$  um elemento qualquer, onde “i” representa a **linha** em que o elemento se posiciona na matriz e “j” representa a **coluna** em que o elemento se posiciona. Para manter a **consistência** na matriz semântica, é necessário que o decisor cumpra as seguintes propriedades (conforme a Figura 26-b):

- Na linha “i” →  $a_{ij} \text{ } \text{f} \text{ } a_{ij+1} \text{ } \text{f} \text{ } a_{ij+2} \text{ } \text{f} \text{ } \dots \text{ } \text{f} \text{ } a_{ij+n}$ ;
- Na coluna “j” →  $a_{ij} \text{ } \text{f} \text{ } a_{i+1j} \text{ } \text{f} \text{ } a_{i+2j} \text{ } \text{f} \text{ } \dots \text{ } \text{f} \text{ } a_{i+nj}$ .



**Figura 26** – Ilustração da construção da matriz semântica usando o *software* MACBETH.

Na Figura 26 os  $N_1$ ,  $N_2$ ,  $N_3$  e  $N_4$  são os níveis de impacto das ações cujas diferenças foram julgadas de atratividade (categorias semânticas), segundo o juízo de valor do decisor.

As funções de valor são determinadas pela programação linear, por isso, é necessário que as propriedades de consistência sejam **cumpridas**. Caso contrário, pode ocorrer que o sistema de equações lineares que formam a programação linear não seja compatível (o sistema não tenha solução).

Considere  $A$  o conjunto de ações potenciais, a função de valor  $v(a)$  satisfaz as seguintes condições matemáticas:

- Para todo  $a, b \in A$ ,  $v(a) > v(b)$  se, e somente se, para o avaliador “a” for mais atrativa que “b” ( $a \mathbf{P} b$ ) (“a” é preferível a “b”);

- Para todo  $a, b \in A$ ,  $v(a) = v(b)$  se, e somente se, para o avaliador “a” for indiferente a “b” ( $a \sim b$ ) (“a” é indiferente a “b”);
- Para todo  $a, b, c, d \in A$ ,  $v(a) - v(b) > v(c) - v(d)$  se, e somente se, para o avaliador a diferença de atratividade entre “a” e “b” for maior que a diferença de atratividade entre “c” e “d”.

Agora, construir-se-ão as funções de valor para os descritores das Figuras 27 e 28, aplicando-se o método MACBETH, respectivamente.

A Figura 27 mostra o descritor do PVE 1.1.1- Vínculo Empregatício na Área com a função de valor construída, usando-se o método ou a escala MACBETH.

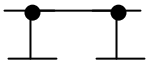
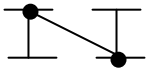
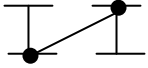
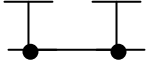



Descritor do PVE 1.1.1 – Vínculo Empregatício na Área				
Níveis de Impacto	Níveis de Referência	Descrição	Simbologia	Função de Valor
N <sub>4</sub>	Bom	O candidato tem emprego formal e informal há mais de 1 ano.		100
N <sub>3</sub>		O candidato só tem emprego formal há mais de 1 ano.		70
N <sub>2</sub>	Neutro	O candidato tem só emprego informal há mais de 1 ano.		30
N <sub>1</sub>		O candidato não tem emprego formal e nem informal há mais de 1 ano.		0

Figura 27 – Descritor do PVE 1.1.1 – Vínculo Empregatício na Área com a função de valor.

A Figura 28 também mostra o descritor do PVE 1.1.2 – Produção Artística com a função de valor construída pela escala de MACBETH.



Descritor do PVE 1.1.2 – Produção Artística				
Níveis de Impacto	Níveis de Referência	Descrição	Simbologia	Função de Valor
N <sub>3</sub>	Bom	O candidato tem produção artística com destaque.		100
N <sub>2</sub>	Neutro	O candidato tem produção artística sem destaque.		43
N <sub>1</sub>		O candidato não tem produção artística.		0

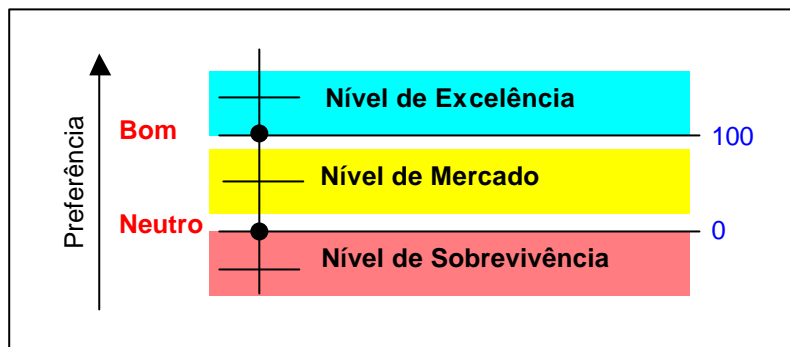
**Figura 28** –Descritor do PVE 1.1.2 – Produção Artística com a função de valor.

Na **seção 3.10.2** será mostrado o resultado encontrado no software (MACBETH) das funções de valor das Figuras 27 e 28, respectivamente.

### 3.10.2 – Transformação de Escalas de Intervalo

Construídas as escalas das funções de valores dos descritores, é necessário transformar essas escalas num intervalo de valor inferior 0 (nível Neutro) e valor superior 100 (nível Bom). Em outras palavras, ancoram-se todos os descritores no nível de impacto Bom 100 e no nível de impacto Neutro 0, como mostra a Figura 29. Os valores numéricos dessa transformação são denominados de funções transformadas ou funções de ancoragens.

No Capítulo 4, serão construídas as Taxas de Substituição (conhecidas como pesos) de cada ponto de vista, por isso, é preciso que todos os descritores tenham em comum um intervalo de variação entre o nível de impacto mais preferido (Bom) e menos preferido (Neutro).



**Figura 29** – Descritor com o nível de impacto Bom ancorado com a função de valor 100 e ancorado no nível Neutro em 0.

Para ser feita a transformação da função de valor para a função de ancoragem, são usados procedimentos matemáticos (transformação linear). No caso, usa-se o *software* do MACBETH que determina em conjunto as funções de valor e as funções de ancoragens (ver os detalhes dessas operações matemáticas em Ensslin et al., 2001, p. 202).

As Figuras 30 e 31 apresentam os descritores completos com os níveis em ordem decrescente de preferência do decisor. Cada nível relaciona-se a uma descrição dos estados possíveis para melhor representar o ponto de vista (PVF ou PVE). Foram identificados os níveis de excelência acima do nível **Bom**, níveis de mercado entre o nível **Bom** e o nível **Neutro** e os níveis de sobrevivência abaixo do nível **Neutro**. Também foram determinadas (pelo *software* – MACBETH) as funções de valor com as categorias semânticas, segundo as preferências do decisor e, conseqüentemente, as funções de ancoragem.

Descritor do PVE 1.1.1 – Vínculo Empregatício na Área					
Níveis de Impacto	Níveis de Referência	Descrição	Símbolo	Função de Valor	Função de Ancoragem
N <sub>4</sub>	Bom	O candidato tem emprego formal e informal há mais de 1 ano.		100	100
N <sub>3</sub>		O candidato só tem emprego formal há mais de 1 ano.		70	57
N <sub>2</sub>	Neutro	O candidato tem só emprego informal há mais de 1 ano.		30	0
N <sub>1</sub>		O candidato não tem emprego formal e nem informal há mais de 1 ano.		0	-43

**Figura 30** – Descritor do PVE 1.1.1 – Vínculo Empregatício na Área com as funções de valor e as funções de ancoragem.

Função de Valor do PVE 1.1.1 – Vínculo Empregatício na Área (Matriz Semântica – MACBETH)						
Matrix of judgements: (consistent)						
	N4	N3	N2	N1	Scores	
N4	0	3	5	6	100.0	100.0
N3		0	4	5	70.0	70.0
N2			0	3	30.0	30.0
N1				0	0.0	0.0
					Macbeth	Current
N4	0.0	42.9	100.0	142.9	100.0	
N3		0.0	57.1	100.0	57.1	
N2			0.0	42.9	0.0	
N1				0.0	-42.9	
					Fixed scale	

**Figura 31** – Determinação das funções de valor e das funções de ancoragem pelo método de julgamento semântico – MACBETH do PVE 1.1.1 – Vínculo Empregatício na Área.

Explicação da Figura 31:

- *Matrix of judgements* (Matriz de julgamento): (*consistent*) (consistente) → significa que o decisor aplicou as propriedades da matriz semântica corretamente;

- Score (Resultado)
    - 100
    - 70
    - 30
    - 0
    - MACBETH
- Funções de Valor calculado pelo software – MACBETH por meio do resultado da matriz semântica;

- Score (Resultado)
    - 100
    - 70
    - 30
    - 0
    - Current (Atual)
- Quando o decisor deseja alterar os resultados das funções valor, esta coluna apresenta os novos resultados das funções de valor;

- Score (Resultado)
    - 100
    - 57,1
    - 0
    - 42,9
- Funções de Ancoragem, os valores abaixo do zero (nível Neutro) são negativos;

Fixed Scale (Escala Fixada)

A Figura 32 mostra a representação gráfica do descritor com os valores das funções de ancoragem.

Gráfico do Descritor

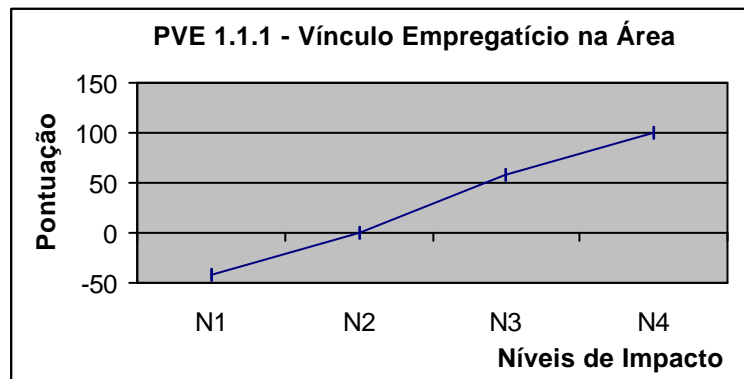


Figura 32 – Representação gráfica do descritor do PVE 1.1.1 – Vínculo Empregatício na Área.

As Figuras 33, 34 e 35 referem-se ao descritor do PVE 1.1.2 – Produção Artística.




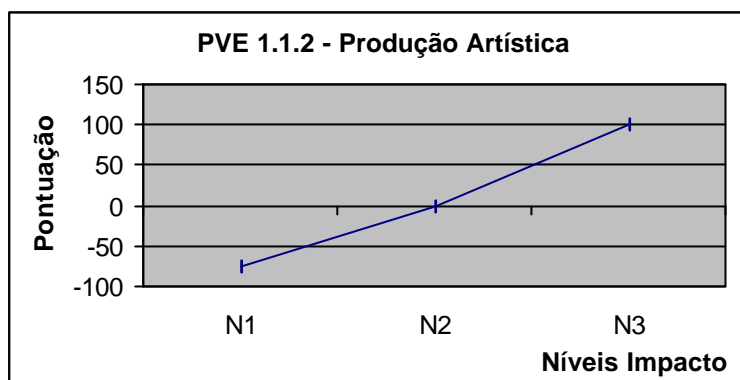
Descritor do PVE 1.1.2 – Produção Artística					
Níveis de Impacto	Níveis de Referência	Descrição	Símbolo	Função de Valor	Função de Ancoragem
N <sub>3</sub>	Bom	O candidato tem produção artística com destaque.		100	100
N <sub>2</sub>	Neutro	O candidato tem produção artística sem destaque.		43	0
N <sub>1</sub>		O candidato não tem produção artística.		0	-75

Figura 33 - Descritor do PVE 1.1.2 – Produção Artística com as funções de valor e com as funções de ancoragem.

Função de Valor do PVE 1.1.2 – Produção Artística (Matriz Semântica – MACBETH)					
<b>Matrix of judgements: (consistent)</b>					
	N3	N2	N1	Scores	
N3	0	4	5	100 . 0	100 . 0
N2		0	3	42 . 9	42 . 9
N1			0	0 . 0	0 . 0
	N3	N2	N1	Macbeth	Current
N3	0.0	100.0	175.0	100 . 0	
N2		0.0	75.0	0 . 0	
N1			0.0	-75 . 0	
				Fixed scale	

Figura 34 – Determinação das funções de valor e das funções de ancoragem pelo método do julgamento semântico - MACBETH do PVE 1.1.2 – Produção Artística.

### Gráfico do Descritor



**Figura 35** – Representação gráfica do descritor PVE 1.1.2 – Produção Artística.

Os demais descritores construídos se encontram no **Apêndice A** com as suas representações gráficas.

Neste Capítulo, realizou-se a estruturação do Modelo Multicritério para avaliar os candidatos à bolsa pelo programa *ApArtes*. Elaborada uma família de **nove critérios** (PVF) dos quais sete foram decompostos em vários níveis, totalizando em **37 subcritérios** (PVE). Desses PVE dois não isoláveis finalizando a **construção 39 descritores** (ente PVE e PVF) para mensurar o desempenho de cada candidato.

### 3.11 – Violação do Axioma de Assimetria

O ponto central da discussão é apresentar em que instância se aplica a Matriz de Ordenação – Roberts em MCDA e o problema encontrado na aplicação dessa matriz quando o **decisor viola** os axiomas: assimetria ou a transitividade negativa ao apresentar as suas preferências.

Os pressupostos teóricos dessa tese que serão discutidos e apresentados no Capítulo 5, assim como a solução para esse tipo de problema (já mencionado na introdução). Em outras palavras, **validar a Matriz de Ordenação – Roberts para os problemas em que o decisor viola, segundo suas preferências, os axiomas da assimetria e transitividade negativa**. Isto é, mesmo sendo violados os axiomas, a matriz satisfaz seu objetivo.

A Matriz de Ordenação – Roberts se aplica nas seguintes instâncias da MCDA:

- **Hierarquização** dos níveis de **descritores** em ordem de preferência;
- **Ordenação** preferencial dos **critérios** (PVF), ver na **seção 4.1.1**.

### 3.11.1 – Definição e Aplicação da Matriz de Ordenação – Roberts

Seja  $A$  um conjunto finito de ações potenciais ou de critérios e seja  $P$  uma relação de ordem. O sistema relacional  $(A, P)$  é uma relação de ordem **estritamente preferível** (relação estritamente preferível) se satisfizer as seguintes condições:

- Existe uma relação **estritamente preferível** tal que

$$\forall(a, b)! a, b \in A; ( a \mathbf{P} b ) \text{ (ação } \mathbf{a} \text{ é preferível à ação } \mathbf{b}) \Leftrightarrow f(a) > f(b), \text{ (1)}$$

em que  $f$  é a soma dos valores de cada linha da matriz. No caso em que a função  $f$  satisfaz a condição **(1)**, diz-se que  $f$  é um homomorfismo (ver em detalhes na **seção 5.6**).

- Satisfaz os seguintes **axiomas**:
  - **Assimetria**:  $\forall(a, b)! a, b \in A$  se  $( a \mathbf{P} b ) \Rightarrow (\sim b \mathbf{P} a)$  (ação  $\mathbf{b}$  não é preferível ação  $\mathbf{a}$ );
  - **Transitividade Negativa**:  $\forall(a, b, c)! a, b, c \in A$  se  $(\sim a \mathbf{P} b)$  e  $(\sim b \mathbf{P} c) \Rightarrow (\sim a \mathbf{P} c)$ .

Definição 1 (Matriz de Ordenação – Roberts):

A Matriz de Ordenação – Roberts é uma matriz de ordem quadrada (número de linhas igual ao número de colunas), e se vale das condições:

- Têm uma relação **estritamente preferível**;
- Satisfaz os axiomas de **assimetria e transitividade negativa**.

Compara todas as ações potenciais ou os critérios entre si, par-a-par, sendo que os elementos da matriz recebem uma pontuação da seguinte forma:

- Se uma ação  $b_i$  (corresponde que esta ação  $b_i$  está na **linha i**) é **preferível** à ação  $c_j$  (corresponde que esta ação  $c_j$  está na **coluna j**), então o elemento da matriz de ordenação  $b_{ij} = 1$  e o elemento  $c_{ji} = 0$ , onde  $i, j = 1, 2, \dots, n$ . Terminando o preenchimento da matriz de ordenação, somam-se os valores de cada linha  $i$ . A linha que apresentar o **maior** valor numérico somado de preferências, representa que a ação dessa linha é a mais **atrativa** e a linha que apresentar o **menor** valor numérico somado de preferências, significa que é a ação dessa linha é a menos **atrativa**. Em seguida, ordena-se a matriz em ordem decrescente de preferência (atratividade) como mostra a Figura 36.

- **Em símbolo:**

Seja  $b_i$  ação da linha  $i$  e seja  $c_j$  ação da coluna  $j$ .

$$\text{Se } (b_i) \mathbf{P} (c_j) \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} b_{ij} = 1 \\ e \\ c_{ji} = 0 \end{array} \right\} \rightarrow f(b_i) = \sum a_{ij} > f(c_i) = \sum a_{ji}.$$

A Figura 36 ilustra a aplicação da Matriz de Ordenação – Roberts com quatro ações. Pelo sistema de preferência do decisor, a matriz foi obtida da seguinte forma:

- $(A_1) \mathbf{P} (A_2)$  (ação  $A_1$  é preferível ação  $A_2$ ) então  $a_{12} = 1$  e  $a_{21} = 0$ ;
- $(\sim A_1) \mathbf{P} (A_3)$  (ação  $A_1$  não é preferível ação  $A_3$ ) então  $a_{13} = 0$  e  $a_{31} = 1$ .



Aplicando a mesma regra para as demais ações, par-a-par, obtém-se a matriz desejada.

### Matriz de Ordenação - Roberts

	Ação 1 (A <sub>1</sub> )	Ação 2 (A <sub>2</sub> )	Ação 3 (A <sub>3</sub> )	Ação 4 (A <sub>4</sub> )	Função de Valor (Soma das Linhas)	Ordem
Ação 1 (A <sub>1</sub> )		1	0	1	$f(A_1) = 2$	2º
Ação 2 (A <sub>2</sub> )	0		0	0	$f(A_2) = 0$	4º
Ação 3 (A <sub>3</sub> )	1	1		1	$f(A_3) = 3$	1º
Ação 4 (A <sub>4</sub> )	0	1	0		$f(A_4) = 1$	3º

Figura 36 – Ilustração da Matriz de Ordenação – Roberts.

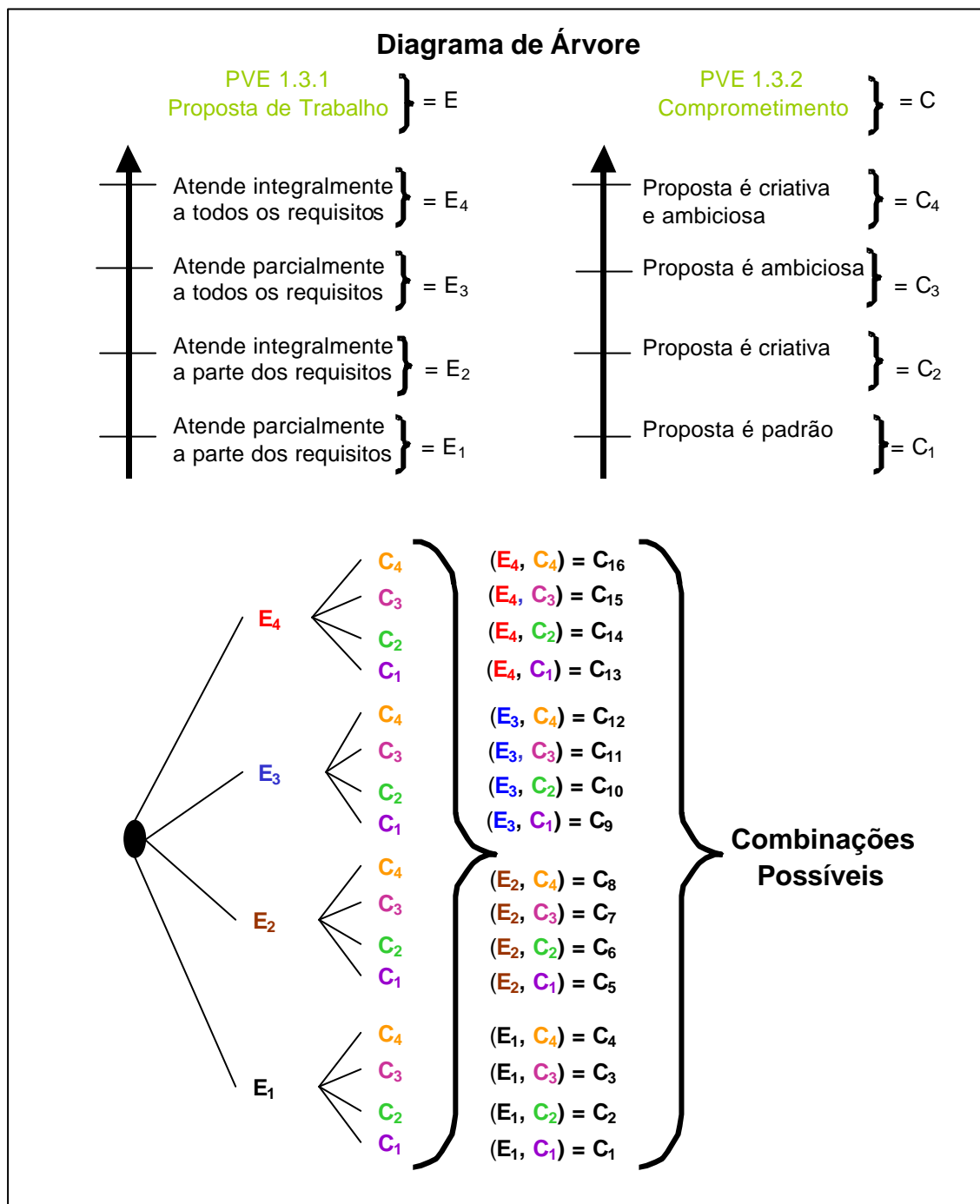
Nesse estudo de caso não foi necessária a utilização da aplicação da matriz para hierarquizar os níveis dos descritores, por isso, faz-se uma “**Simulação**” de como se **aplica** a matriz e de que forma o decisor pode **violar** o axioma da **assimetria** (a violação da transitividade negativa será mostrada na **seção 5.73**), ainda assim, a Matriz de Ordenação – Roberts, **define** uma hierarquização de preferência dos níveis dos descritores.

Quando os dois PVE **não são isoláveis** (dependentes) e possuem um número elevado de ações (estados possíveis), torna-se difícil determinar todas as combinações possíveis das ações como também a sua hierarquização, seguindo uma ordem decrescente de preferência estabelecida pelo decisor.

Nestes casos, para determinar todas as possíveis combinações das ações, na opinião do facilitador, o melhor método é pelo **Diagrama da Árvore** (método probabilístico que determina todas as possíveis combinações).

Considere-se que o decisor julgou que o PVE 1.3.1 – Plano de Trabalho e o PVE – 1.3.2 – Comprometimento do eixo de avaliação do PVF 1 – Envolvimento do Candidato – poderiam formar um só descritor, segundo o juízo de valor do decisor, ambos são **não isoláveis**. A Figura 110 do **Apêndice A** localiza o eixo de avaliação dos PVE.

Para se construir um só descritor, é necessário determinar todas as possíveis combinações com os estados possíveis dos PVE. Pelo método **Diagrama da Árvore**, podem ser determinadas todas as possíveis combinações, como a mostra Figura 37.



**Figura 37** – Ilustração de todas as combinações possíveis realizadas como os PVE 1.3.1 e 1.3.2.

A Figura 38 mostra que cada estado possível do PVE 1.3.1 combina com os quatros estados possíveis do PVE 1.3.2, totalizando assim, 16 combinações possíveis. O descritor poderá ser construído com 16 níveis. Neste caso, o decisor julga se é necessário ou não ter todos esses níveis. A seguir, apresentar-se-ão as descrições das combinações possíveis na Figura 38.

Continua

<b>Formação do Descritor PVE 1.3 – Proposta de Trabalho</b>		
<b>Combinações</b>	<b>PVE 1.3.1 – Plano de Trabalho</b>	<b>P 1.3.2 – Comprometimento</b>
<b>C<sub>16</sub></b>	Plano de trabalho a ser desenvolvido no exterior atende integralmente a <u>todos</u> os requisitos.	A proposta de trabalho é criativa e ambiciosa.
<b>C<sub>15</sub></b>	Plano de trabalho a ser desenvolvido no exterior atende integralmente a <u>todos</u> os requisitos.	A proposta de trabalho é ambiciosa.
<b>C<sub>14</sub></b>	Plano de trabalho a ser desenvolvido no exterior atende integralmente a <u>todos</u> os requisitos.	A proposta de trabalho é criativa.
<b>C<sub>13</sub></b>	Plano de trabalho a ser desenvolvido no exterior atende integralmente a <u>todos</u> os requisitos.	A proposta de trabalho é padrão.
<b>C<sub>12</sub></b>	Plano de trabalho a ser desenvolvido no exterior atende parcialmente a <u>todos</u> os requisitos.	A proposta de trabalho é criativa e ambiciosa.
<b>C<sub>11</sub></b>	Plano de trabalho a ser desenvolvido no exterior atende parcialmente a <u>todos</u> os requisitos.	A proposta de trabalho é ambiciosa.
<b>C<sub>10</sub></b>	Plano de trabalho a ser desenvolvido no exterior atende parcialmente a <u>todos</u> os requisitos.	A proposta de trabalho é criativa.
<b>C<sub>9</sub></b>	Plano de trabalho a ser desenvolvido no exterior atende parcialmente a <u>todos</u> os requisitos.	A proposta de trabalho é padrão.
<b>C<sub>8</sub></b>	Plano de trabalho a ser desenvolvido no exterior atende integralmente a <u>parte</u> dos requisitos.	A proposta de trabalho é criativa e ambiciosa.
<b>C<sub>7</sub></b>	Plano de trabalho a ser desenvolvido no exterior atende integralmente a <u>parte</u> dos requisitos.	A proposta de trabalho é ambiciosa.
<b>C<sub>6</sub></b>	Plano de trabalho a ser desenvolvido no exterior atende integralmente a <u>parte</u> dos requisitos.	A proposta de trabalho é criativa.
<b>C<sub>5</sub></b>	Plano de trabalho a ser desenvolvido no exterior atende integralmente a <u>parte</u> dos requisitos.	A proposta de trabalho é padrão.
<b>C<sub>4</sub></b>	Plano de trabalho a ser desenvolvido no exterior atende parcialmente a <u>parte</u> dos requisitos.	A proposta de trabalho é criativa e ambiciosa.
<b>C<sub>3</sub></b>	Plano de trabalho a ser desenvolvido no exterior atende parcialmente a <u>parte</u> dos requisitos.	A proposta de trabalho é ambiciosa.
<b>C<sub>2</sub></b>	Plano de trabalho a ser desenvolvido no exterior atende parcialmente a <u>parte</u> dos requisitos.	A proposta de trabalho é criativa.

<b>C<sub>1</sub></b>	Plano de trabalho a ser desenvolvido no exterior atende parcialmente a <u>parte</u> dos requisitos.	A proposta de trabalho é padrão.
----------------------	---	----------------------------------

**Figura 38** – Apresentação de todas as combinações possíveis dos estados dos PVE 1.3.1 e 1.3.2.

Faz-se a hierarquização das possíveis combinações dos estados possíveis dos PVE 1.3.1 e 1.3.2, em ordem decrescente de preferência do decisor. Um dos procedimentos formais de que MCDA se utiliza é o método da aplicação da **Matriz de Ordenação – Roberts** (Roberts, 1979) da seguinte forma:

- Se  $(C_{16}) \succ (C_{15})$  ( $C_{16}$  é preferível coloca-se 1 na linha  $C_{16}$ , intersecção com a coluna  $C_{15}$  e 0 na linha  $C_{15}$ , intersecção com a coluna  $C_{16}$ ), conforme mostra a Figura 39.

Matriz de Ordenação – Roberts nos Níveis Impacto dos Descritores (Violação da Assimetria)																		
Combinações	C <sub>16</sub>	C <sub>15</sub>	C <sub>14</sub>	C <sub>13</sub>	C <sub>12</sub>	C <sub>11</sub>	C <sub>10</sub>	C <sub>9</sub>	C <sub>8</sub>	C <sub>7</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	Soma	Ordem
C <sub>16</sub>		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	1 <sup>o</sup>
C <sub>15</sub>	0		0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13	2 <sup>o</sup>
C <sub>14</sub>	0	0		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13	2 <sup>o</sup>
C <sub>13</sub>	0	0	0		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	3 <sup>o</sup>
C <sub>12</sub>	0	0	0	0		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	4 <sup>o</sup>
C <sub>11</sub>	0	0	0	0	0		0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	5 <sup>o</sup>
C <sub>10</sub>	0	0	0	0	0	0		1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	5 <sup>o</sup>
C <sub>9</sub>	0	0	0	0	0	0	0		1	1	1	1	1	1	1	1	8	6 <sup>o</sup>
C <sub>8</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0		1	1	1	1	1	1	1	7	7 <sup>o</sup>
C <sub>7</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	1	1	1	1	1	5	8 <sup>o</sup>
C <sub>6</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		1	1	1	1	1	5	8 <sup>o</sup>
C <sub>5</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		1	1	1	1	4	9 <sup>o</sup>
C <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	10 <sup>o</sup>
C <sub>3</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	10 <sup>o</sup>
C <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	10 <sup>o</sup>
C <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	10 <sup>o</sup>

**Figura 39** – Apresentação da hierarquização das combinações possíveis dos estados dos PVE 1.3.1 e 1.3.2.

Considera-se que um decisor fez a hierarquização dos estados possíveis de acordo com a Figura 39. Analisando-se a matriz, nota-se que esse decisor considerou indiferentes (iguais) os estados possíveis:  $C_{15}$  e  $C_{14}$ ;  $C_{11}$  e  $C_{10}$ ;  $C_7$  e  $C_6$ ;  $C_4, C_3, C_2$  e  $C_1$ , ou seja, não teve uma ordem de **preferência estrita** entre esses estados possíveis. Neste caso, o decisor **violou** o axioma da assimetria e, mesmo assim, a matriz **definiu** uma hierarquização de preferências dos estados possíveis dos PVE 1.3.1 e 1.3.2. É fácil ver que esse decisor violou a assimetria:

- Observe-se na Figura 39 que o decisor colocou 0 na linha  $C_{15}$ , intersecção com a coluna  $C_{14}$  e 0 na linha  $C_{14}$ , intersecção com a coluna  $C_{15}$ . Portanto, o decisor não considerou nenhuma das seguintes situações  $(C_{15})P(C_{14})$  ou  $(C_{14})P(C_{15})$  ( $C_{15}$  é preferível a  $C_{14}$  ou  $C_{14}$  é preferível a  $C_{15}$ ), ou seja, considerou esses dois estados possíveis  $C_{15}$  e  $C_{14}$  indiferentes (iguais). Como a Matriz de Ordenação – Roberts está definida somente para relações de ordem **estritamente preferível**, o decisor definiu essa situação da seguinte forma  $(C_{15})I(C_{14})$  ( $C_{15}$  é indiferente a  $C_{14}$ ). Colocou, então, 0 na linha  $C_{15}$ , intersecção com a coluna  $C_{14}$  e também 0 na linha  $C_{14}$ , intersecção com a coluna  $C_{15}$ . Neste caso, o decisor **violou o axioma de assimetria**. Mesmo assim, a matriz definiu uma ordem desejada.

Para os demais casos de indiferença o decisor aplicou essa mesma regra, violando o axioma da assimetria. É bem clara a definição da Matriz de Ordenação – Roberts ao afirmar que o decisor deverá ter uma **preferência estrita** ( $(C_{15})P(C_{14})$  ou  $(C_{15})P(C_{14})$ ).

A Figura 40 mostra o descritor construído com a violação do axioma da assimetria.

Continua

Descritor do PVE 1.3 – Proposta de Trabalho		
Níveis	Descrição das Combinações	Simbologia
N <sub>10</sub>	Plano de trabalho a ser desenvolvido no exterior atende integralmente a <u>todos</u> os requisitos e tem uma proposta de trabalho criativa e ambiciosa.	
N <sub>9</sub>	Plano de trabalho a ser desenvolvido no exterior atende integralmente a <u>todos</u> os requisitos e tem uma proposta de trabalho ambiciosa. ou Plano de trabalho a ser desenvolvido no exterior atende integralmente a <u>todos</u> os requisitos e tem uma proposta de trabalho criativa.	
N <sub>8</sub>	Plano de trabalho a ser desenvolvido no exterior atende integralmente a <u>todos</u> os requisitos e tem uma proposta de trabalho padrão.	
N <sub>7</sub>	Plano de trabalho a ser desenvolvido no exterior atende parcialmente a <u>todos</u> os requisitos e tem uma proposta de trabalho criativa e ambiciosa.	
N <sub>6</sub>	Plano de trabalho a ser desenvolvido no exterior atende parcialmente a <u>todos</u> os requisitos e tem uma proposta de trabalho ambiciosa. ou Plano de trabalho a ser desenvolvido no exterior atende parcialmente a <u>todos</u> os requisitos e tem uma proposta de trabalho criativa.	
N <sub>5</sub>	Plano de trabalho a ser desenvolvido no exterior atende parcialmente a <u>todos</u> os requisitos e tem uma proposta de trabalho padrão.	
N <sub>4</sub>	Plano de trabalho a ser desenvolvido no exterior atende integralmente a <u>parte</u> dos requisitos e tem uma proposta de trabalho criativa e ambiciosa.	
N <sub>3</sub>	Plano de trabalho a ser desenvolvido no exterior atende integralmente a <u>parte</u> dos requisitos e tem uma proposta de trabalho ambiciosa. ou Plano de trabalho a ser desenvolvido no exterior atende integralmente a <u>parte</u> dos requisitos e tem uma proposta de trabalho criativa.	
N <sub>2</sub>	Plano de trabalho a ser desenvolvido no exterior atende integralmente a <u>parte</u> dos requisitos e tem uma proposta de trabalho padrão.	

Descritor do PVE 1.3 – Proposta de Trabalho		
Níveis	Descrição das Combinações	Simbologia
$N_1$	<p>Plano de trabalho a ser desenvolvido no exterior atende parcialmente a <u>parte</u> dos requisitos e tem uma proposta de trabalho criativa e ambiciosa.</p> <p>ou</p> <p>Plano de trabalho a ser desenvolvido no exterior atende parcialmente a <u>parte</u> dos requisitos e tem uma proposta de trabalho ambiciosa.</p> <p>ou</p> <p>Plano de trabalho a ser desenvolvido no exterior atende parcialmente a <u>parte</u> dos requisitos e tem uma proposta de trabalho criativa.</p> <p>ou</p> <p>Plano de trabalho a ser desenvolvido no exterior atende parcialmente a <u>parte</u> dos requisitos e tem uma proposta de trabalho padrão.</p>	

**Figura 40** – Descritor do PVE 1.3 – Proposta de Trabalho violando o axioma da assimetria.

Na **seção 4.1.1** será mostrado, com outra simulação, um decisor **violando** o axioma da **transitividade negativa**, ao fazer a ordenação de preferências dos critérios.

## 4

# AVALIAÇÃO GLOBAL

Pretende-se neste Capítulo obter uma avaliação das ações potenciais dos candidatos. Na fundamentação teórica serão repassadas apenas as informações necessárias para o entendimento da metodologia Multicritério de Apoio à Decisão – MCDA em conjunto com o estudo de caso. O leitor que estiver interessado no detalhamento dos assuntos a serem explorados neste Capítulo, encontrará-lo-á na referência bibliográfica.

A primeira etapa desse processo é determinar as taxas de substituição dos pontos de vista (PVF e PVE). Segundo Ensslin (2001), as taxas de substituição são **parâmetros** que os decisores julgam adequados para agregar, de forma compensatória, desempenhos locais (nos critérios) em uma performance global.

A segunda etapa do processo de avaliação é determinar uma fórmula matemática denominada de agregação aditiva que determina a **avaliação global** de cada ação potencial. Tal avaliação é um valor absoluto pelo qual cada ação é mensurada (avaliação personalizada). Esta fórmula é construída em função das taxas de substituição e das funções de ancoragem.

A terceira etapa é determinar graficamente o perfil de cada ação potencial em julgamento e, finalmente, fazer análises dos resultados obtidos das ações potenciais.

### 4.1 – Taxa de Substituição

As taxas de substituição de um modelo multicritério expressam as preferências do decisor e a perda de performance que uma ação potencial deve sofrer em um critério para compensar o ganho de desempenho em outro (Bouyssou, 1986; Keeney, 1992; Keeney e Raifa, 1993; Roy, 1996). As taxas de substituição são também chamadas de *trade-offs*, taxas de compensação e constantes de



escala. Vulgarmente, na literatura inglesa, são conhecidas por “pesos” (*weights*) (Ensslin et al., 2001).

Este estudo de caso utiliza-se da abordagem construtivista, por isso, não considera que exista **uma taxa de substituição verdadeira**, que represente uma realidade preexistente na cabeça do decisor. As taxas, na verdade, representam o juízo de valor do decisor com relação às importâncias dos pontos de vista de uma situação num determinado momento (Ensslin et al., 2001).

Existem vários métodos para determinar as taxas de substituição. Neste trabalho, para as taxas de substituição dos critérios (PVF) foi usado o método de **pesos balanceados** (*swing weights*) e para os subcritérios (PVE) foi usado o método de **comparação par-a-par**. Caso o leitor esteja interessado em conhecer outros métodos, (ver Ensslin et al., 2001).

A escolha desses dois métodos foi uma opção do decisor por achá-los mais práticos para determinar as taxas de substituição dos PVF e PVE.

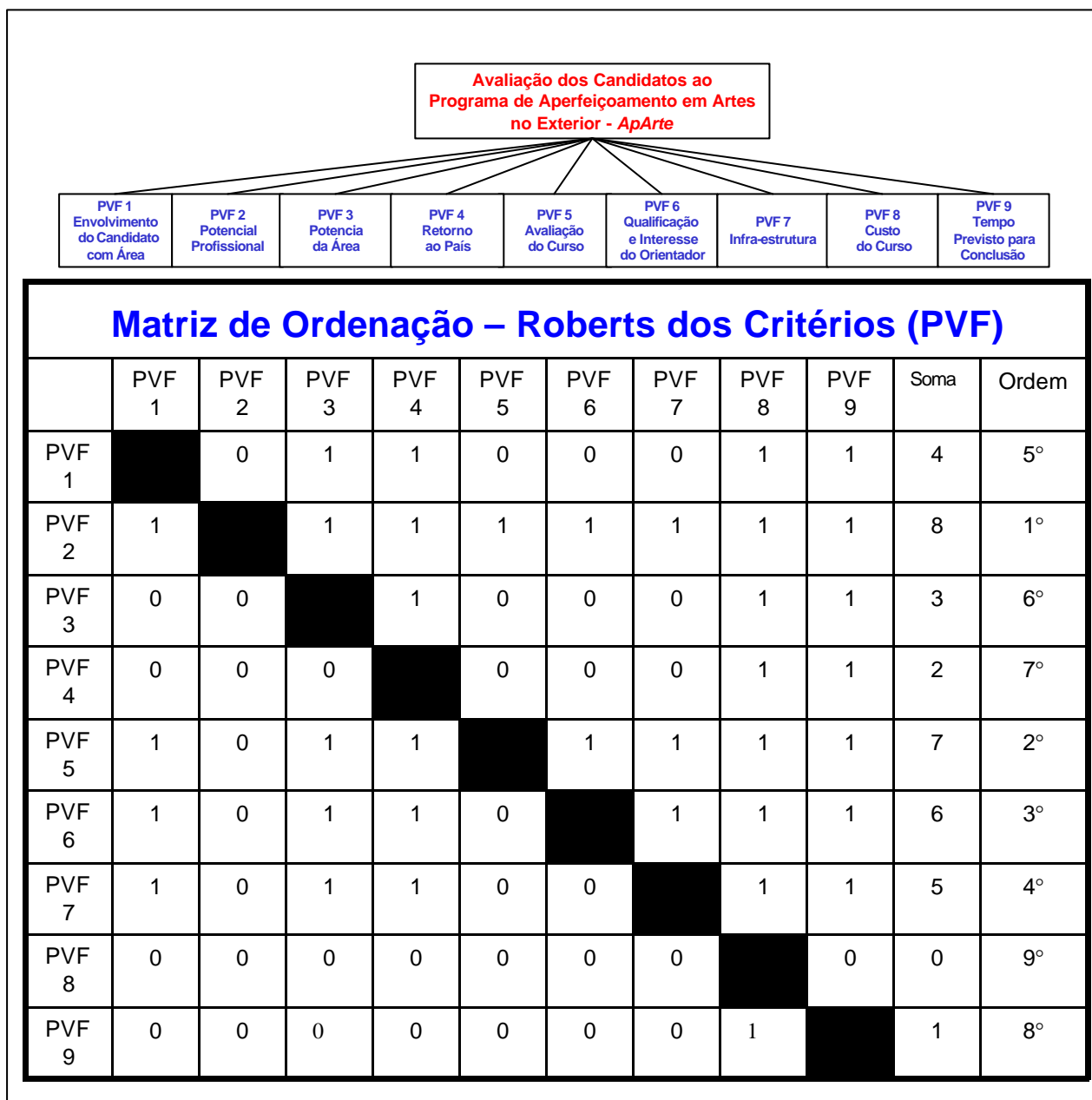
#### 4.1.1 – Determinação das Taxa de Substituição dos Critérios

##### Método de Pesos Balanceados (*Swing Weights*)

A ordenação dos pontos de vista pode ser determinada pela Matriz de Ordenação – Roberts, segundo o juízo de valor do decisor ou o próprio decisor pode ordenar arbitrariamente os critérios.

O método inicia-se com o critério que, segundo o decisor, é o mais atrativo entre os demais e faz-se uma impactação desse critério no nível Bom 100 pontos e o nível Neutro 0. Em seguida, faz-se a comparação dos demais critérios com relação a esse critério mais atrativo. Os resultados dos pontos obtidos pelos critérios são dados em percentuais (valores relativos), e a soma total dos pontos de todos os critérios é igual a 100%.

A Figura 41 apresenta a Matriz de Ordenação – Roberts, ordenando os critérios, segundo as preferências do decisor.



**Figura 41** – Apresentação da ordenação dos critérios pela Matriz de Ordenação – Roberts.

A Figura 42 apresenta a matriz em ordenação decrescente de preferência dos critérios, segundo juízo de valor do decisor.

<b>Matriz de Ordenação – Roberts dos Critérios (PVF)</b>											
	PVF 2	PVF 5	PVF 6	PVF 7	PVF 1	PVF 3	PVF 4	PVF 9	PVF 8	Soma	Ordem
PVF 2		1	1	1	1	1	1	1	1	8	1°
PVF 5	0		1	1	1	1	1	1	1	7	2°
PVF 6	0	0		1	1	1	1	1	1	6	3°
PVF 7	0	0	0		1	1	1	1	1	5	4°
PVF 1	0	0	0	0		1	1	1	1	4	5°
PVF 3	0	0	0	0	0		1	1	1	3	6°
PVF 4	0	0	0	0	0	0		1	1	2	7°
PVF 9	0	0	0	0	0	0	0		1	1	8°
PVF 8	0	0	0	0	0	0	0	0		0	9°

**Figura 42** – Ilustração da ordenação decrescente dos critérios pela Matriz de Ordenação – Roberts.

Assim, com a ordenação dos critérios definidos, agora, determinam-se as taxas de substituição desses critérios:

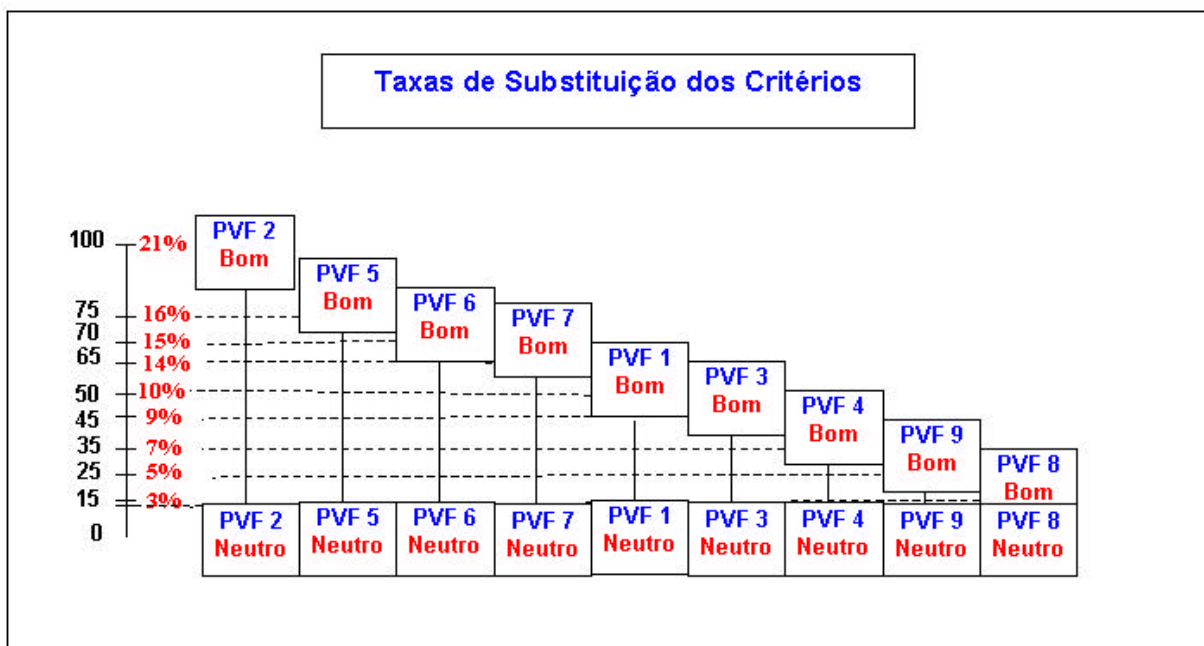
- O critério mais atrativo, segundo o decisor, foi o PVF 2 – Potencial Profissional (candidato) o qual tem uma pontuação de 100 pontos no nível Bom. Então, o facilitador questionou o decisor com relação ao segundo PVF mais atrativo. Neste caso, o PVF 5 – Avaliação do Curso. “Qual seria a pontuação máxima que esse PVF tem com relação ao PVF 2, o mais atrativo de todos; o decisor respondeu 75 pontos”. O mesmo questionamento foi realizado para os demais PVF com relação ao PVF 2 e obtiveram-se os seguintes resultados:

○ PVF 2 – Potencial Profissional	100 pontos;
○ PVF5 – Avaliação do Curso	75 pontos;
○ PVF 6 – Qualificação e Interesse do Orientador	70 pontos;
○ PVF 7 – Infra-estrutura	65 pontos;
○ PVF 1 – Envolvimento do Candidato com Área	50 pontos;
○ PVF 3 – Potencial da Área	45 pontos;
○ PVF 4 – Retorno ao País	35 pontos;
○ PVF 9 – Tempo Previsto para Conclusão	25 pontos;
○ PVF 8 – Custo Anual do Curso	<u>15 pontos.</u>
Total	480 pontos

Agora, determinar-se-ão os percentuais de cada critério (PVF) que correspondem às **taxas de substituição**. Assim, as taxas de substituição dos critérios são:

○ PVF 2 – Potencial Profissional	$100 / 480 = 0,21$ ou 21%;
○ PVF5 – Avaliação do Curso	$75 / 480 = 0,16$ ou 16%;
○ PVF 6 – Qualificação e Interesse do Orientador	$70 / 480 = 0,15$ ou 15%;
○ PVF 7 – Infra-estrutura	$65 / 480 = 0,14$ ou 14%;
○ PVF 1 – Envolvimento do Candidato com Área	$50 / 480 = 0,1$ ou 10%;
○ PVF 3 – Potencial da Área	$45 / 480 = 0,09$ ou 9%;
○ PVF 4 – Retorno ao País	$35 / 480 = 0,07$ ou 7%;
○ PVF 9 – Tempo Previsto para Conclusão	$25 / 480 = 0,05$ ou 5%;
○ PVF 8 – Custo Anual do Curso	$15 / 480 = 0,03$ ou 3%.

A Figura 43 ilustra os resultados obtidos das pontuações dos critérios e das taxas de substituição.



**Figura 43** – Apresentação das taxas de substituição pelo método *swing weights* (pesos balanceados)

#### 4.1.2 – Violação do Axioma da Transitividade Negativa

Voltando-se à discussão sobre a Matriz de Ordenação – Roberts, na **seção 3.11** definiu-se que a matriz tem que satisfazer os axiomas da assimetria e transitividade negativa. Também foi mostrado por meio de uma simulação que o decisor pode violar o axioma da assimetria na hierarquização dos níveis de impacto do descritor. Também será mostrado, por **outra simulação**, que o decisor pode **violar o axioma da transitividade negativa** na ordenação dos critérios matriz.

Considere-se que o decisor, ao aplicar a matriz de Ordenação – Roberts na ordenação dos critérios, violou o axioma da transitividade negativa, segundo o seu juízo de valor e obteve os seguintes resultados, como mostra a Figura 44.

Matriz de Ordenação – Roberts dos Critérios (PVF)											
	PVF 2	PVF 5	PVF 6	PVF 7	PVF 1	PVF 3	PVF 4	PVF 9	PVF 8	Soma	Ordem
PVF 2		1	1	1	1	1	1	1	1	8	1°
PVF 5	0		1	1	0	1	1	1	1	6	2°
PVF 6	0	0		1	1	1	1	1	1	6	2°
PVF 7	0	0	0		1	1	1	1	1	5	3°
PVF 1	0	1	0	0		1	1	1	1	5	3°
PVF 3	0	0	0	0	0		1	1	1	3	4°
PVF 4	0	0	0	0	0	0		1	1	2	5°
PVF 9	0	0	0	0	0	0	0		1	1	6°
PVF 8	0	0	0	0	0	0	0	0		0	7°

Figura 44 – Ilustração da violação da transitividade negativa pelo decisor na ordenação dos critérios.

A Figura 44 mostra que o decisor, ao ordenar os critérios segundo as suas preferências, violou o axioma da transitividade negativa da seguinte forma:

**Lembrando que:**

- Se (PVF 1) **P** (PVF 5) (PVF 1 é preferível ao PVF 5), então coloca 1 na linha do PVF 1, intersecção com a coluna do PVF 5 e 0 na linha do PVF5, intersecção com a coluna do PVF 1, ver **seção 3.11.1**;
- Se (PVF 1) **P** (PVF 5) (PVF 1 é preferível ao PVF 5), então, ( $\sim$ PVF 5) **P** (PVF 1) (PVF 5 não é preferível ao PVF 1).

Observe-se na Figura 44 que o ( $\sim$ PVF 6) **P** (PVF 5) e ( $\sim$ PVF 5) **P** (PVF 1), aplicando-se o axioma da transitividade negativa, deveria haver o seguinte resultado ( $\sim$ PVF 6) **P** (PVF 1), mas o resultado encontrado na matriz foi ( $\sim$ PVF1) **P**(PVF 6),

**violando** o axioma da transitividade negativa. Mesmo assim, a matriz define uma ordenação.

### **Conclusão:**

Conforme foi visto, em duas situações (simulações) em que os axiomas que definem a Matriz de Ordenação – Roberts podem ser violadas, desde que o decisor não tenha um sistema de **preferências estritas** em todas as situações, caso freqüente. Mesmo com a violação dos axiomas, a matriz define a ordenação tão desejada, como foi mostrado na **seção 3.11.1** e nesta seção. As soluções para esses problemas serão discutidas no Capítulo 5.

## 4.1.3 – Determinação das Taxas de Substituição dos Subcritérios

### **Comparação Par-a-Par**

A determinação das taxas de substituição pelo método de comparação par-a-par (Beinat, 1995; Larichev e Moshkovich, 1997), consiste em duas etapas:

- A primeira etapa visa a ordenar preferencialmente os subcritérios, auxiliada pela Matriz de Ordenação – Roberts. Esta ordenação é feita comparando-se par-a-par as **ações fictícias** com desempenhos diferentes em apenas dois subcritérios e idênticos nos demais. Nos dois subcritérios de comparação, uma ação fictícia é impactada no **primeiro** subcritério no nível **Bom** e, Neutro, nos demais subcritérios. Porém, a segunda ação fictícia é impactada no **segundo** subcritério de comparação no nível **Bom** e, Neutro, nos demais subcritérios. Tal procedimento é realizado com todos os pares de subcritérios, como evidencia a Figura 45 em ilustração de quatro subcritérios.

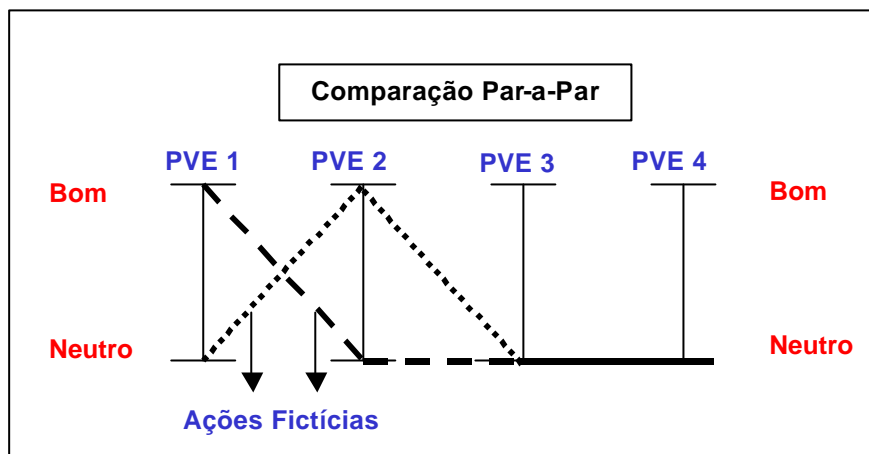


Figura 45 – Desempenho de duas ações nos quatro subcritérios.

- Na segunda etapa, os decisores definem qualitativamente, por categorias semânticas que preenchem a matriz semântica, (ver **seção 3.10.1**) a intensidade de preferência entre os pares de ações fictícias. Em seguida, utilizam-se estes julgamentos semânticos (a matriz semântica preenchida) para calcular pelo *software* MACBETH, as taxas de substituição que melhor representem numericamente estes julgamentos.

Agora, mostrar-se-á como foram determinadas as taxas de substituição, conforme as preferências do decisor dos PVE de 2<sup>o</sup> nível: PVE 1.1 – Produção e Atuação na Área; PVE 1.2 – Formação ou Escolaridade Superior; PVE 1.3 – Proposta de Trabalho. Esses PVE constituem o PVF 1 – Envolvimento do Candidato com Área, conforme mostra a Figura 46.

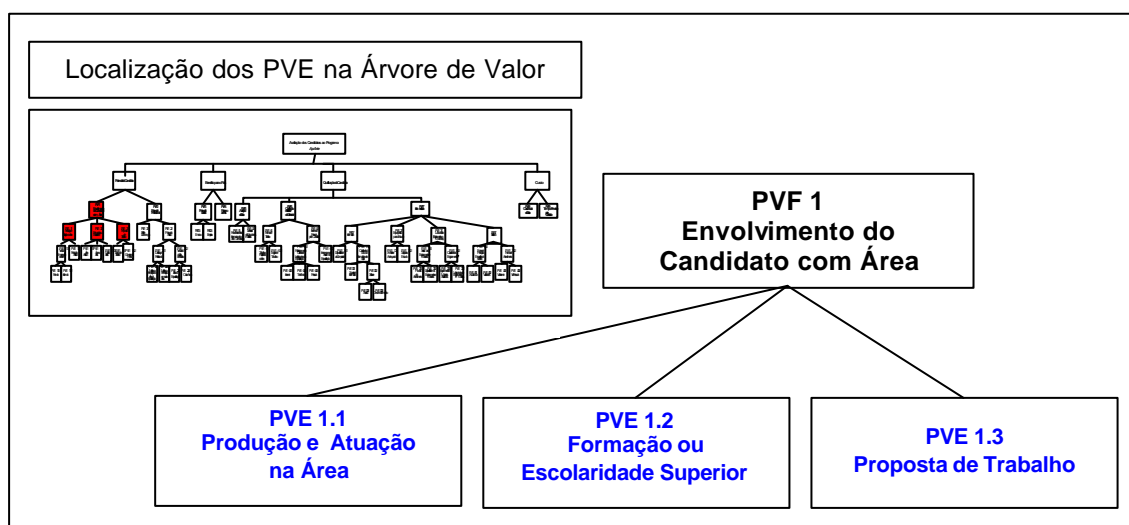


Figura 46 – Localização dos PVE na árvore de valor para determinar as taxas de substituição.

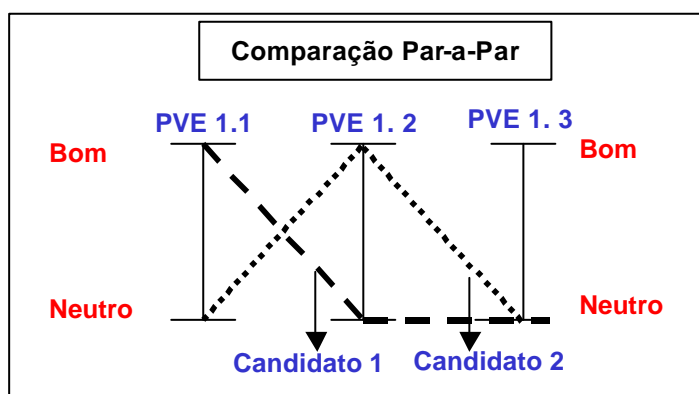
Os PVE têm as seguintes descrições nos níveis Bom e Neutro:



- O PVE 1.1 – Produção e Atuação na Área – tem o nível Bom na descrição **o candidato tem produção artística com destaque e um vínculo empregatício formal e informal na área**. No nível Neutro, tem na descrição **o candidato tem produção artística sem destaque e sem vínculo empregatício formal e informal na área**;
- O PVE 1.2 – Formação ou Escolaridade Superior – tem o nível Bom na descrição **o candidato tem formação de graduação na área da especialização com destaque**. No nível Neutro, tem na descrição **o candidato não tem formação de graduação na área da especialização**;
- O PVE 1.3 – Proposta de Trabalho – tem o nível Bom na descrição **o plano de trabalho a ser desenvolvido no exterior é criativa e ambiciosa e atende integralmente a todos os requisitos**. No nível Neutro, tem na descrição **o plano de trabalho a ser desenvolvido no exterior é padrão e atende parcialmente a parte dos requisitos**.

### 1ª Etapa

- Ordenar preferencialmente os subcritérios: Elaboram-se duas ações fictícias; **candidato 1** com nível de impacto Bom no PVE 1.1 e Neutro nos demais; **candidato 2** com nível de impacto Bom no PVE 1.2 e Neutro nos demais, como mostra a Figura 47.



**Figura 47** – Desempenho dos candidatos 1 e 2 dos subcritérios que constituem o 2º nível do PVF 1 – Envolvimento do Candidato com Área.

O facilitador questionou o decisor da seguinte forma:

- “Qual o candidato é preferível: o candidato 1 que tem impacto no nível Bom no PVE 1.1 e Neutro nos PVE 1.2 e 1.3 ou o candidato 2 com impacto no nível Bom no PVE 1.2 e Neutro nos PVE 1.1 e 1.3?”. O decisor respondeu que o candidato 1 é o preferível. Então, o facilitador colocou **1** na linha do PVE 1.1, intersecção com a coluna do PVE 1.2 e **0** na linha do PVE 1.2, intersecção com a coluna do PVE 1.2;
- “Qual o candidato é preferível: o candidato 1 que tem impacto no nível Bom no PVE 1.1 e Neutro nos PVE 1.2 e 1.3 ou o candidato 2 com impacto no nível Bom no PVE 1.3 e Neutro nos PVE 1.1 e 1.2?”. O decisor respondeu que o candidato 2 é o preferível. Então, o facilitador colocou **0** na linha do PVE 1.1, intersecção com a coluna do PVE 1.3 e **1** na linha do PVE 1.3, intersecção com a coluna do PVE 1.1;
- “Qual o candidato é preferível: o candidato 1 que tem impacto no nível Bom no PVE 1.2 e Neutro nos PVE 1.1 e 1.3 ou o candidato 2 que tem impacto no nível Bom no PVE 1.3 e Neutro nos PVE 1.1 e 1.2?”. O decisor respondeu que o candidato 2 é o preferível. Então, o facilitador colocou **0** na linha do PVE 1.2, intersecção com a coluna do PVE 1.3 e **1** na linha do PVE 1.3, intersecção com a coluna do PVE 1.2.

As respostas foram colocadas na matriz de Ordenação – Roberts para ter uma ordenação dos subcritérios, como mostra a Figura 48.

Matriz de Ordenação- Roberts dos PVE 1.1; 1.2 e 1.3					
	PVE 1.1	PVE 1.2	PVE 1.3	Soma	Ordem
PVE1.1		1	0	1	2°
PVE1.2	0		0	0	3°
PVE 1.3	1	1		2	1°

Figura 48 – Ordenação dos PVE que constituem o PVF 1 – Envolvimento do Candidato com a Área pelo método da Matriz de Ordenação – Roberts.

A Figura 49 mostra a matriz ordenada preferencial dos PVE, em que os axiomas foram satisfeitos. Reconhece-se isto pelo fato de que, abaixo da diagonal só aparece **0** e acima da diagonal, só aparece **1**.

Ordenação Preferencial dos PVE 1.1; 1.2 e 1.3					
	PVE 1.3	PVE 1.1	PVE 1.1	Soma	Ordem
PVE1.3		1	1	2	1°
PVE1.1	0		1	1	2°
PVE 1.2	0	0		0	3°

Figura 49 – Ordenação preferencial dos PVE que constituem o PVF 1 – Envolvimento do Candidato com Área pelo método da Matriz de Ordenação – Roberts.

## 2ª Etapa

- Após a ordenação preferencial dos PVE, o decisor fez o julgamento semântico (ver **seção 3.10.1**) e obteve o resultado como mostra o *software* MACBETH, Figura 50.

Taxa de Substituição dos PVE 1.1; 1.2 e 1.3.						
Matrix of judgements: <b>(consistent)</b>						
	E13	E11	E12	A0	Scores	
E13	0	3	5	6	100.00	100.00
E11		0	4	5	70.00	70.00
E12			0	3	30.00	30.00
A0				0	0.00	0.00
					<b>Macbeth</b>	<b>Current</b>
	E13	E11	E12	A0	Weights	
E13	0.00	15.00	35.00	50.00	50.00	
E11		0.00	20.00	35.00	35.00	
E12			0.00	15.00	15.00	
A0				0.00	0.00	

Figura 50 – Determinação das taxas de substituição dos PVE 1.1; 1.2 e 1.3 pelo método de julgamento semântico – MACBETH.

O método MACBETH considera que o PVE menos preferível tem a taxa de substituição zero. Para que o PVE menos preferível tenha uma taxa de substituição diferente de zero, é necessário considerar um PVE ( $A_0$ ) menos preferível de todos os PVE.

A Figura 51 mostra o resumo da Figura 50 com o julgamento semântico, feito pelo decisor. Com esse resultado, o MACBETH determinou as funções de valor e as taxas de substituição.

<b>Taxas de Substituição dos PVE 1.1; 1.2 e 1.3</b>						
<b>Combinações</b>	<b>PVE 1.3</b>	<b>PVE 1.1</b>	<b>PVE 1.2</b>	<b><math>A_0</math></b>	<b>Escala de MACBETH</b>	<b>Taxa de Substituição</b>
<b>PVE 1.3</b>		3	5	6	100	50
<b>PVE 1.1</b>			4	5	70	35
<b>PVE 1.2</b>				3	30	15
<b><math>C_0</math></b>					0	0

Figura 51 – Taxas de substituição dos PVE que compõem o PVF 1 – Envolvimento do Candidato com a Área.

Para os demais PVE, foram usados os mesmos procedimentos até que fossem determinadas as taxas de substituição. Todos os resultados foram mostrados ao decisor para obter-se sua validação. Os resultados encontram-se no **Apêndice A**.

A Figura 52 mostra a árvore de valor do **PVE 1 – Envolvimento do Candidato com a Área** com as suas taxas de substituição.

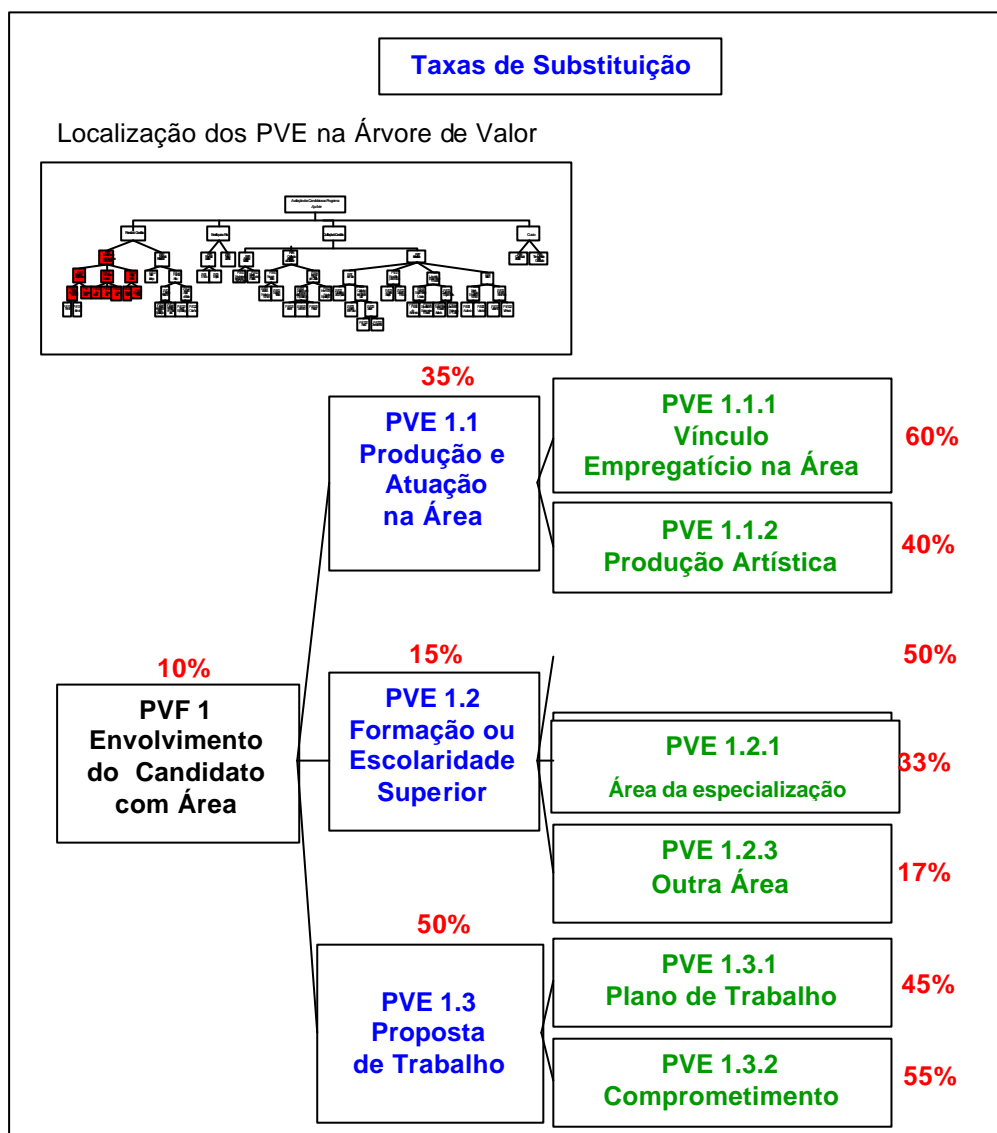


Figura 52 – Ilustração das taxas de substituição na árvore de valor do PVF 1.

Os cálculos das taxas de substituição dos PVE 1.2.1; 1.2.2 e 1.2.3 se encontram no **Apêndice A**. Para os PVE 1.1.1; 1.1.2; 1.3.1 e 1.3.2 não foi necessário aplicar o *software* MACBETH. Para determinar suas taxas de substituição, o decisor atribuiu valores, segundo seu juízo de valor.

## 4.2 – Avaliação das Ações Potenciais

O **primeiro objetivo** do estudo de caso foi realizado com a estruturação do Modelo de Apoio à Decisão, concluída com a construção das seguintes ferramentas:

- Mapa Cognitivo;

- Pontos de Vista Fundamentais – PVF;
- Descritores.

O **segundo objetivo** começou com as construções das Funções de Valor (mensurar cada nível de impacto dos descritores) e com as Taxas de Substituição (mensurar os critérios e subcritérios) e, finalizando quando apresentar um processo de avaliação do desempenho das ações, ou seja, realizar uma avaliação dos candidatos à bolsa de estudos em artes no exterior – **ApArtes** com as seguintes ferramentas:

- Perfil de Impacto das Ações Potenciais (candidatos);
- Fórmula de Agregação Aditiva (avaliação local e global);
- Análise de Sensibilidade (verificação da robustez do modelo).

Neste capítulo, será apresentado o processo de avaliação do **desempenho** das ações potenciais a serem definidas em diversos critérios do modelo estruturado, como também, analisar a **robustez** do modelo frente à variação das taxas de substituição do modelo (Ensslin et al., 2001). Tal processo de avaliação visa a dar ao decisor condições suficientes e necessárias para gerar novas e melhores alternativas para o problema em estudo.

Na identificação das ações potenciais, optou-se por selecionar quatro candidatos inscritos ao programa **ApArtes**. Em seguida, o decisor impactou as quatro ações potenciais nos descritores definidos nos critérios (ou nos subcritérios), obtendo-se o desempenho de cada ação potencial em todos os critérios (e subcritérios) (Ensslin et al., 2001).

#### 4.2.1 – Avaliação Local das Ações Potenciais

A avaliação (desempenho) local das ações potenciais, denominado de **indicador de impacto** permite fazer projeção de cada ação sobre os descritores construídos nos critérios (ou nos subcritérios), isto é, identificar qual o **desempenho** da ação potencial em cada um dos critérios e/ou dos subcritérios do modelo

construído de tal forma que seja possível escolher um nível considerado como representativo do impacto real (característica) de cada ação (Keeney e Raiffa, 1993; Keeney, 1992; Watson e Buede, 1987; von Winterfeldt e Edwards, 1986; Beinart, 1995). Em outras palavras, o indicador de impacto associa a uma ação um nível na escala (descriptor) de um critério (ou subcritério) de acordo com as características da ação (Bana e Costa e Vasnick, 1997).

Neste processo decisório, é necessário utilizar-se de **ferramentas** que auxiliem os decisores a avaliar localmente as ações potenciais de um modelo Multicritérios de Apoio à Decisão. O *software* que será usado neste trabalho é o **HIVIEW** (Barclay, 1984), ver (Ensslin et al., 2001).

A Figura 53 mostra como os níveis de impacto (ou indicadores de impacto) determinados pela escala de MACBETH, associados aos critérios (ou subcritérios) em que cada candidato obteve sua pontuação (Avaliação Local).

Continua

Avaliação Local dos Candidatos 1, 2, 3 e 4								
Critérios	Candidato 1		Candidato 2		Candidato 3		Candidato 4	
	Nível	Escala de MACBETH	Nível	Escala de MACBETH	Nível	Escala de MACBETH	Nível	Escala de MACBETH
PVE 1.1.1 Vínculo Empregatício na Área	N <sub>2</sub>	0	N <sub>3</sub>	57	N <sub>4</sub>	100	N <sub>2</sub>	0
PVE 1.1.2 Produção Artística	N <sub>3</sub>	100	N <sub>3</sub>	100	N <sub>2</sub>	0	N <sub>3</sub>	100
PVE 1.2.1 Área da Especialização	N <sub>1</sub>	-50	N <sub>3</sub>	100	N <sub>2</sub>	0	N <sub>3</sub>	100
PVE 1.2.2 Área Afim	N <sub>1</sub>	-67	N <sub>1</sub>	-67	N <sub>1</sub>	-67	N <sub>1</sub>	-67
PVE 1.2.3 Outra Área	N <sub>1</sub>	-50	N <sub>1</sub>	-50	N <sub>1</sub>	-50	N <sub>1</sub>	-50
PVE 1.3.1 Plano de Trabalho	N <sub>4</sub>	100	N <sub>4</sub>	100	N <sub>4</sub>	100	N <sub>4</sub>	100
PVE 1.3.2 Comprometimento	N <sub>2</sub>	0	N <sub>2</sub>	0	N <sub>3</sub>	33	N <sub>4</sub>	100
PVE 2.1 Perfil de Liderança	N <sub>2</sub>	0	N <sub>3</sub>	100	N <sub>2</sub>	0	N <sub>3</sub>	100
PVE 2.2.1.1 Menção ou Premiação na Área da Especialização	N <sub>1</sub>	-75	N <sub>1</sub>	-75	N <sub>2</sub>	0	N <sub>2</sub>	0
PVE 2.2.1.2 Menção ou Premiação em Outra Área	N <sub>1</sub>	-50	N <sub>1</sub>	-50	N <sub>1</sub>	-50	N <sub>1</sub>	-50
PVE 2.2.2.1 Área da Especialização	N <sub>3</sub>	100	N <sub>3</sub>	100	N <sub>3</sub>	100	N <sub>3</sub>	100
PVE 2.2.2.2 Outra Área	N <sub>1</sub>	-50	N <sub>1</sub>	-50	N <sub>1</sub>	-50	N <sub>3</sub>	100
PVF 3.1 Ensino	N <sub>2</sub>	0	N <sub>2</sub>	0	N <sub>2</sub>	0	N <sub>2</sub>	0
PVF 3.2 Empresa	N <sub>1</sub>	-100	N <sub>2</sub>	0	N <sub>2</sub>	0	N <sub>2</sub>	0
PVF 4 Retorno ao País	N <sub>3</sub>	67	N <sub>4</sub>	100	N <sub>4</sub>	100	N <sub>3</sub>	67
PVF 5.1 Reconhecimento Internacional na Área Demandada	N <sub>4</sub>	225	N <sub>3</sub>	100	N <sub>2</sub>	0	N <sub>4</sub>	225
PVF 5.2 Demanda de Estudantes e Trabalhos	N <sub>4</sub>	100	N <sub>3</sub>	100	N <sub>3</sub>	40	N <sub>4</sub>	100
PVE 6.1.1 Trabalhos Realizados na Área	N <sub>3</sub>	100	N <sub>3</sub>	100	N <sub>3</sub>	100	N <sub>4</sub>	180

Continua



<b>Avaliação Local dos Candidatos 1, 2, 3 e 4</b>								
<i>Crítérios</i>	<i>Candidato 1</i>		<i>Candidato 2</i>		<i>Candidato 3</i>		<i>Candidato 4</i>	
	<i>Nível</i>	<i>Escala de MACBETH</i>	<i>Nível</i>	<i>Escala de MACBETH</i>	<i>Nível</i>	<i>Escala de MACBETH</i>	<i>Nível</i>	<i>Escala de MACBETH</i>
PVE 6.1.2 Equipe de Trabalho	N <sub>3</sub>	40	N <sub>4</sub>	100	N <sub>4</sub>	100	N <sub>4</sub>	100
PVE 6.2.1.1 Internet	N <sub>5</sub>	225	N <sub>5</sub>	100	N <sub>5</sub>	225	N <sub>5</sub>	225
PVE 6.2.1.2 Telefônico	N <sub>1</sub>	0	N <sub>1</sub>	0	N <sub>2</sub>	100	N <sub>2</sub>	100
PVE 6.2.1.3 Pessoal	N <sub>1</sub>	0	N <sub>1</sub>	0	N <sub>1</sub>	0	N <sub>1</sub>	0
PVE 6.2.2 Interesse pelo Assunto da Especialização do Candidato	N <sub>5</sub>	150	N <sub>5</sub>	150	N <sub>5</sub>	150	N <sub>5</sub>	150
PVE 7.1.1 Disponibilidade ao Computador	N <sub>2</sub>	0	N <sub>3</sub>	50	N <sub>2</sub>	0	N <sub>3</sub>	50
PVE 7.1.2.1 Suporte de Informática	N <sub>2</sub>	100	N <sub>2</sub>	100	N <sub>2</sub>	100	N <sub>2</sub>	100
PVE 7.1.2.2.1 Acesso	N <sub>2</sub>	100	N <sub>2</sub>	100	N <sub>2</sub>	100	N <sub>2</sub>	100
PVE 7.1.2.2.2 Desenvolvimento	N <sub>1</sub>	0	N <sub>2</sub>	100	N <sub>2</sub>	100	N <sub>2</sub>	100
<b>PVE 7.2.1 Ambiente Adequado</b>	N <sub>4</sub>	100	N <sub>3</sub>	50	N <sub>3</sub>	50	N <sub>4</sub>	100
PVE 7.2.2 Sala para Estudo	N <sub>4</sub>	100	N <sub>4</sub>	100	N <sub>3</sub>	25	N <sub>5</sub>	150
PVE 7.3.1.1 Horário de Atendimento	N <sub>5</sub>	162	N <sub>4</sub>	100	N <sub>3</sub>	38	N <sub>4</sub>	100
PVE 7.3.1.2 Disponibilidade aos Equipamentos e Materiais	N <sub>3</sub>	100	N <sub>2</sub>	0	N <sub>2</sub>	0	N <sub>3</sub>	100
PVE 7.3.2.1 Equipamentos e Materiais Atualizados	N <sub>4</sub>	200	N <sub>4</sub>	200	N <sub>4</sub>	200	N <sub>4</sub>	200
<b>PVE 7.3.2.2 Variedades de Equipamentos e Materiais</b>	N <sub>3</sub>	100	N <sub>3</sub>	100	N <sub>3</sub>	100	N <sub>3</sub>	100
PVE 7.4.1.1 Atualização	N <sub>4</sub>	100	N <sub>3</sub>	67	N <sub>3</sub>	67	N <sub>5</sub>	167

Conclusão

Avaliação Local dos Candidatos 1, 2, 3 e 4								
Critérios	Candidato 1		Candidato 2		Candidato 3		Candidato 4	
	Nível	Escala de MACBETH	Nível	Escala de MACBETH	Nível	Escala de MACBETH	Nível	Escala de MACBETH
PVE 7.4.1.2 Variedades	N <sub>3</sub>	100	N <sub>2</sub>	0	N <sub>2</sub>	0	N <sub>3</sub>	100
PVE 7.4.2.1 Via Internet	N <sub>3</sub>	100	N <sub>2</sub>	0	N <sub>3</sub>	100	N <sub>3</sub>	100
PVE 7.4.2.2 Via Pessoal	N <sub>4</sub>	100	N <sub>4</sub>	100	N <sub>4</sub>	100	N <sub>4</sub>	100
PVF 8 Custo Anual do Curso	N <sub>1</sub>	-80	N <sub>2</sub>	0	N <sub>3</sub>	100	N <sub>2</sub>	0
PVF 9 Tempo Previsto para Conclusão	N <sub>2</sub>	0	N <sub>2</sub>	0	N <sub>2</sub>	0	N <sub>2</sub>	0

Figura 53 – Avaliação local dos candidatos determinada pelo software HIVIEW.

As escalas de MACBETH da Figura 53 são valores das funções de ancoragem dos descritores que cada candidato impactou.

#### 4.2.2 – Perfil de Impacto das Ações Potenciais

Com as informações da avaliação (desempenho) local dos candidatos (Figura 53), em todos os critérios e subcritérios do modelo, pode-se utilizar destas informações para comparar os candidatos e determinar seus pontos **fortes** e **fracos**. Para melhor visualizar o determinante dos candidatos, constrói-se um gráfico que ilustra de forma clara o perfil de cada candidato. No eixo horizontal, coloca-se o nome dos critérios e subcritérios e no eixo vertical, marca-se o desempenho de cada candidato, lembrando que o valor **0** representa o nível **Neutro** e **100** representa o nível **Bom** (Ensslin et al., 2001).

Segundo Ensslin (2001), o perfil de impacto dos candidatos é especialmente útil. Além de avaliar os candidatos, possibilita a geração de oportunidade para aperfeiçoá-los e, com isso, favorecer o aumento do conhecimento do decisor sobre o programa *ApArtes*.

Passou-se, então, a mostrar o perfil de impacto de cada candidato e, posteriormente, os perfis dos candidatos em conjunto.

Na Figura 54, analisa-se graficamente o perfil de impacto do **candidato 1** em cada critério e subcritério.

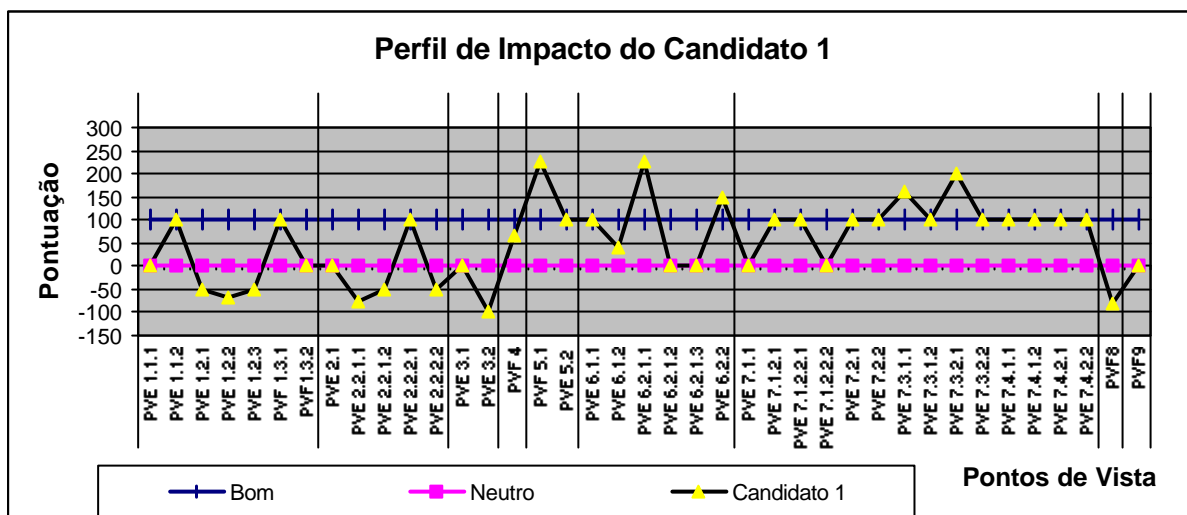


Figura 54 – Perfil de impacto do candidato 1.

O gráfico da Figura 54 mostra o perfil do impacto do **candidato 1** ao programa *ApArtes*. O candidato 1 apresentou os seguintes resultados:

- **Área de Interesse – Potencial do Candidato**
  - PVF 1 - Envolvimento do Candidato com Área – o candidato impactou em três subcritérios, portanto, **inferior** ao Nível Neutro (nível de **sobrevivência**) e impactou em quatro subcritérios entre os Níveis Neutro e Bom (nível de **mercado**);
  - PVF 2 – Potencial Profissional – o candidato impactou em três subcritérios, ou seja, **inferior** ao Nível Neutro (nível de **sobrevivência**) e impactou em dois subcritérios entre os Níveis Neutro e Bom (nível de **mercado**).

- **Área de Interesse – Benefício para o País**
  - PVF 3 – Potencial da Área – o candidato impactou em um subcritério, isto é, **inferior** ao Nível Neutro (nível de **sobrevivência**) e impactou em um subcritério entre os Níveis Neutro e Bom (nível de **mercado**);
  - PVF 4 – Retorno ao País – o candidato impactou entre os Níveis Neutro e Bom (nível de **mercado**).
  
- **Área de Interesse – Qualificação do Curso**
  - PVF 5 – Avaliação do Curso – o candidato impactou em um subcritério entre os Níveis Neutro e Bom (nível de **mercado**) e um subcritério **superior** ao Nível Bom (nível de **excelência**);
  - PVF 6 – Qualificação e Interesse do Orientador – o candidato impactou em quatro subcritérios entre os Níveis Neutro e Bom (nível de **mercado**) e dois subcritérios **superior** ao Nível Bom (nível de **excelência**);
  - PVF 7 – Infra-estrutura – o candidato impactou em doze subcritérios entre os Níveis Neutro e Bom (nível de **mercado**) e dois subcritérios **superior** ao Nível Bom (nível de **excelência**).
  
- **Área de Interesse – Custo**
  - PVF 8 – Custo do Curso – o candidato impactou **inferior** ao Nível Neutro (nível de **sobrevivência**);
  - PVF 9 – Tempo Previsto para Conclusão – o candidato impactou entre os Níveis Neutro e Bom (nível de **mercado**).

No geral, o **candidato 1** apresentou os seguintes resultados:

- Impactado **inferior** ao Nível Neutro (nível de **sobrevivência**) em um critério (PVF) e em sete subcritérios (PVE);

- Impactado entre os Níveis Neutro e Bom (nível de **mercado**) em dois critérios (PVF) e em vinte e quatro subcritérios (PVE);
- Impacto superior ao Nível Bom (nível de **excelência**) em cinco subcritérios.

Na Figura 55, analisa-se graficamente o perfil de impacto do **candidato 2** em cada critério e subcritérios.

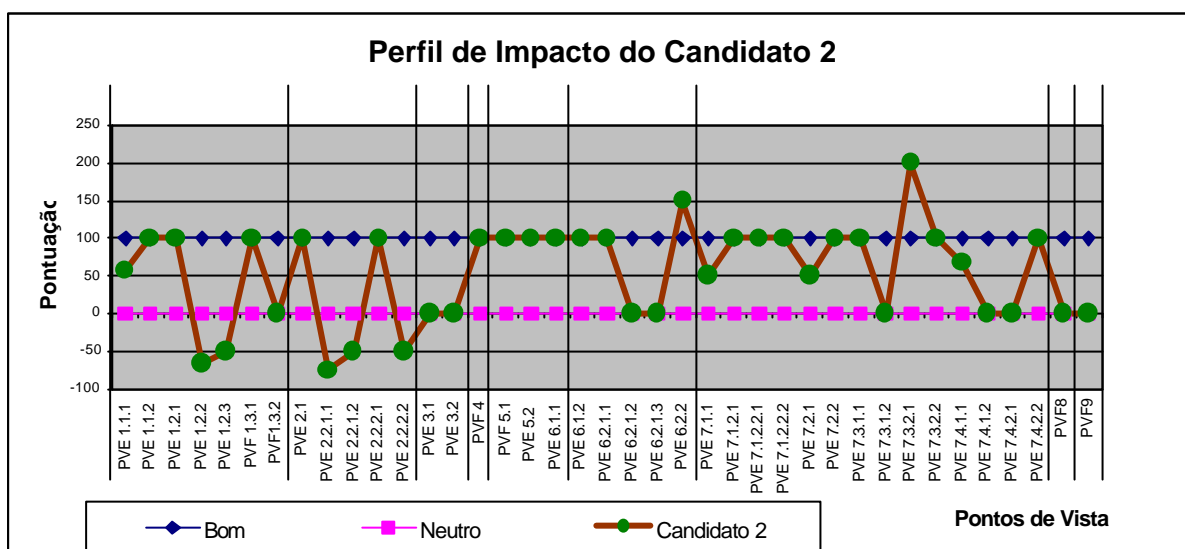


Figura 55 – Perfil de impacto do candidato 2.

Pelo gráfico da Figura 4.16, que mostra o perfil do impacto do **candidato 2** ao programa *ApArtes*, verifica-se que esse candidato apresentou os seguintes resultados:

- **Área de Interesse – Potencial do Candidato**
  - PVF 1 - Envolvimento do Candidato com Área – o candidato impactou em dois subcritérios **inferior** ao Nível Neutro (nível de **sobrevivência**) e impactou em cinco subcritérios entre os Níveis Neutro e Bom (nível de **mercado**);
  - PVF 2 – Potencial Profissional - o candidato impactou em três subcritérios, ficando **inferior** ao Nível Neutro (nível de **sobrevivência**) e impactou em dois subcritérios entre os Níveis Neutro e Bom (nível de **mercado**).

- **Área de Interesse – Benefício para o País**
  - PVF 3 – Potencial da Área – o candidato impactou em dois subcritérios entre os Níveis Neutro e Bom (nível de **mercado**);
  - PVF 4 – Retorno ao País – o candidato impactou entre os Níveis Neutro e Bom (nível de **mercado**).
  
- **Área de Interesse – Qualificação do Curso**
  - PVF 5 – Avaliação do Curso – o candidato impactou em dois subcritérios entre os Níveis Neutro e Bom (nível de **mercado**);
  - PVF 6 – Qualificação e Interesse do Orientador – o candidato impactou em cinco subcritérios entre os Níveis Neutro e Bom (nível de **mercado**) e um subcritério **superior** ao Nível Bom (nível de **excelência**);
  - PVF 7 – Infra-estrutura – o candidato impactou em treze subcritérios entre os Níveis Neutro e Bom (nível de **mercado**) e um subcritério **superior** ao Nível Bom (nível de **excelência**).
  
- **Área de Interesse – Custo**
  - PVF 8 – Custo do Curso – o candidato impactou entre os Níveis Neutro e Bom (nível de **mercado**);
  - PVF 9 – Tempo Previsto para Conclusão – o candidato impactou **entre** os Níveis Neutro e Bom (nível de **mercado**).

No geral, o **candidato 2** apresentou os seguintes resultados:

- Impactado **inferior** ao Nível Neutro (nível de **sobrevivência**) em cinco subcritérios (PVE);
- Impactado entre os Níveis Neutro e Bom (nível de **mercado**) em três critérios (PVF) e em 29 subcritérios (PVE);

- Impacto superior ao Nível Bom (nível de **excelência**) em dois subcritérios.

Na Figura 56, analisa-se graficamente o perfil de impacto do **candidato 3** em cada critério e subcritério.

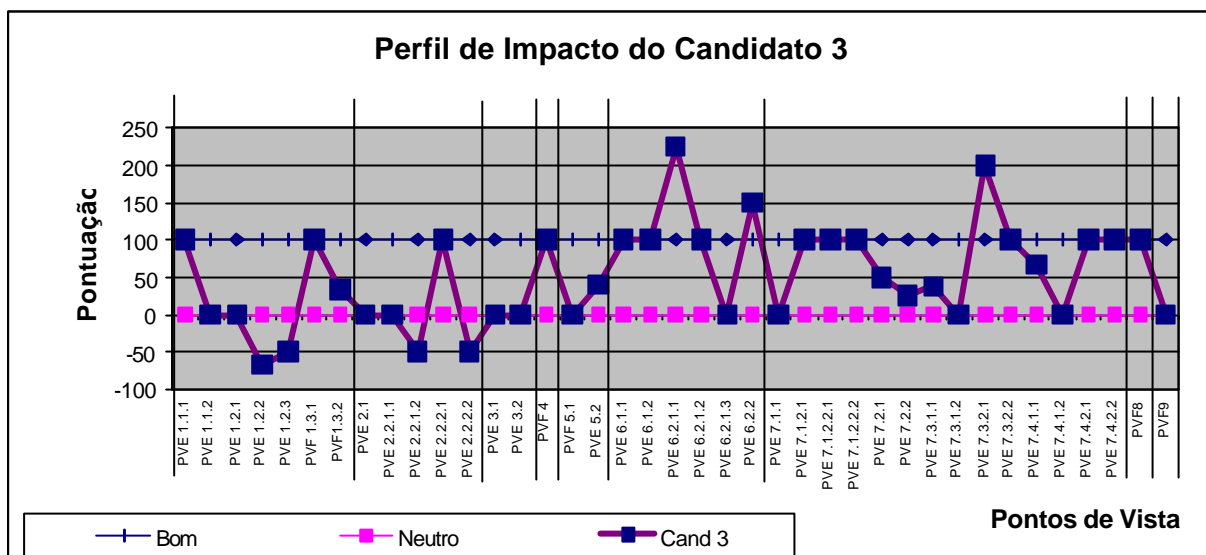


Figura 56 – Perfil de impacto do candidato 3.

O gráfico da Figura 56, apresenta o perfil do impacto do **candidato 3** ao programa *ApArtes*. O candidato apresentou os seguintes resultados:

- **Área de Interesse – Potencial do Candidato**
  - PVF 1 - Envolvimento do Candidato com Área – o candidato impactou em dois subcritérios, **inferior** ao Nível Neutro (nível de **sobrevivência**) e impactou em cinco subcritérios entre os Níveis Neutro e Bom (nível de **mercado**);
  - PVF 2 – Potencial Profissional – o candidato impactou em dois subcritérios **inferior** ao Nível Neutro (nível de **sobrevivência**) e impactou em três subcritérios entre os Níveis Neutro e Bom (nível de **mercado**).

- **Área de Interesse – Benefício para o País**
  - PVF 3 – Potencial da Área – o candidato impactou em dois subcritérios entre os Níveis Neutro e Bom (nível de **mercado**);
  - PVF 4 – Retorno ao País – o candidato impactou entre os Níveis Neutro e Bom (nível de **mercado**).
  
- **Área de Interesse – Qualificação do Curso**
  - PVF 5 – Avaliação do Curso – o candidato impactou em dois subcritérios entre os Níveis Neutro e Bom (nível de **mercado**);
  - PVF 6 – Qualificação e Interesse do Orientador – o candidato impactou em cinco subcritérios entre os Níveis Neutro e Bom (nível de **mercado**) e um subcritério **superior** ao Nível Bom (nível de **excelência**);
  - PVF 7 – Infra-estrutura – o candidato impactou em treze subcritérios entre os Níveis Neutro e Bom (nível de **mercado**) e um subcritério **superior** ao Nível Bom (nível de **excelência**).
  
- **Área de Interesse – Custo**
  - PVF 8 – Custo do Curso – o candidato impactou entre os Níveis Neutro e Bom (nível de **mercado**);
  - PVF 9 – Tempo Previsto para Conclusão – o candidato impactou entre os Níveis Neutro e Bom (nível de **mercado**).

No geral, o **candidato 3** apresentou os seguintes resultados:

- Impactado **inferior** ao Nível Neutro (nível de **sobrevivência**) em quatro subcritérios (PVE);
- Impactado entre os Níveis Neutro e Bom (nível de **mercado**) em três critérios (PVF) e em 29 subcritérios (PVE);
- Impacto superior ao Nível Bom (nível de **excelência**) em três subcritérios.



Finalmente, analisando-se graficamente o perfil de impacto do **candidato 4**, na Figura 57.

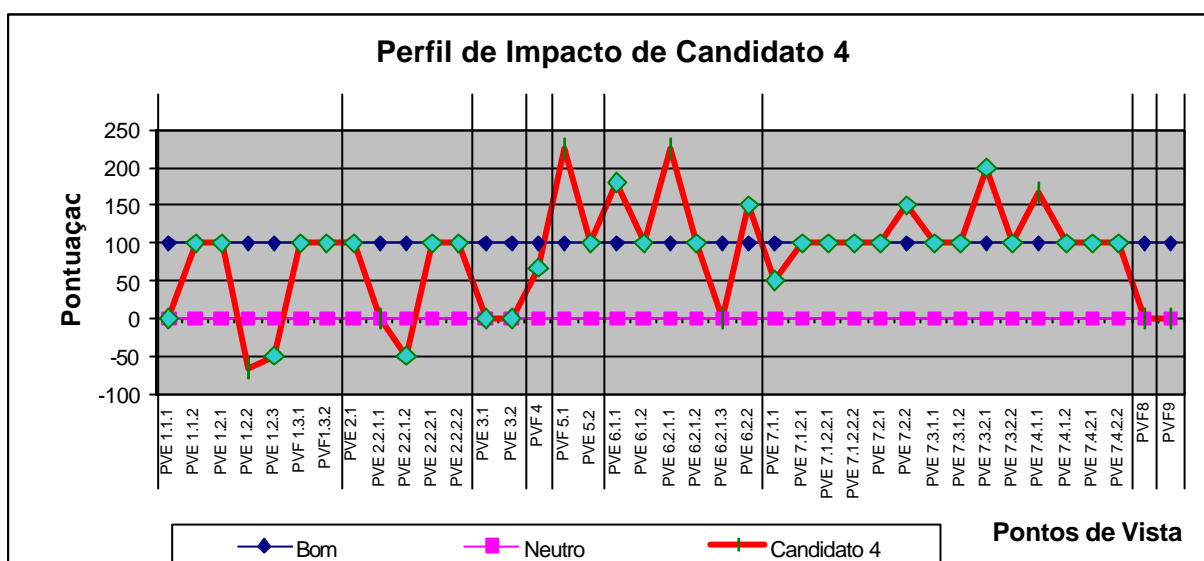


Figura 57 – Perfil de impacto do candidato 4.

Na análise do gráfico da Figura 57, mostra-se o perfil do impacto do **candidato 4** ao programa *ApArtes*. Esse candidato apresentou os seguintes resultados:

- **Área de Interesse – Potencial do Candidato**
  - PVF 1 - Envolvimento do Candidato com Área – o candidato impactou em dois subcritérios **inferior** ao Nível Neutro (nível de **sobrevivência**) e impactou em cinco subcritérios entre os Níveis Neutro e Bom (nível de **mercado**);
  - PVF 2 – Potencial Profissional – o candidato impactou em um subcritério **inferior** ao Nível Neutro (nível de **sobrevivência**) e impactou em quatro subcritérios entre os Níveis Neutro e Bom (nível de **mercado**).
  
- **Área de Interesse – Benefício para o País**

- PVF 3 – Potencial da Área – o candidato impactou em dois subcritérios entre os Níveis Neutro e Bom (nível de **mercado**);
- PVF 4 – Retorno ao País – o candidato impactou entre o Níveis Neutro e Bom (nível de **mercado**).
- **Área de Interesse – Qualificação do Curso**
  - PVF 5 – Avaliação do Curso – o candidato impactou em um subcritério entre os Níveis Neutro e Bom (nível de **mercado**) e um subcritério **superior** ao Nível Bom (nível de **excelência**);
  - PVF 6 – Qualificação e Interesse do Orientador – o candidato impactou em três subcritérios entre os Níveis Neutro e Bom (nível de **mercado**) e três subcritérios **superior** ao Nível Bom (nível de **excelência**);
  - PVF 7 – Infra-estrutura – o candidato impactou em onze subcritérios entre os Níveis Neutro e Bom (nível de **mercado**) e três subcritérios **superior** ao Nível Bom (nível de **excelência**).
- **Área de Interesse – Custo**
  - PVF 8 – Custo do Curso – o candidato impactou entre os níveis Neutro e Bom (nível de **mercado**);
  - PVF 9 – Tempo Previsto para Conclusão – o candidato impactou entre os Níveis Neutro e Bom (nível de **mercado**).

No geral, o **candidato 4** apresentou os seguintes resultados:

- Impactado **inferior** ao Nível Neutro (nível de **sobrevivência**) em três subcritérios (PVE);
- Impactado entre os Níveis Neutro e Bom (nível de **mercado**) em três critérios (PVF) e em 26 subcritérios (PVE);
- Impacto superior ao Nível Bom (nível de **excelência**) em sete subcritérios.

Na Figura 58, pode-se visualizar os perfis de impacto dos **quatro** candidatos ao programa *ApArtes*, para que se possa confrontá-los.

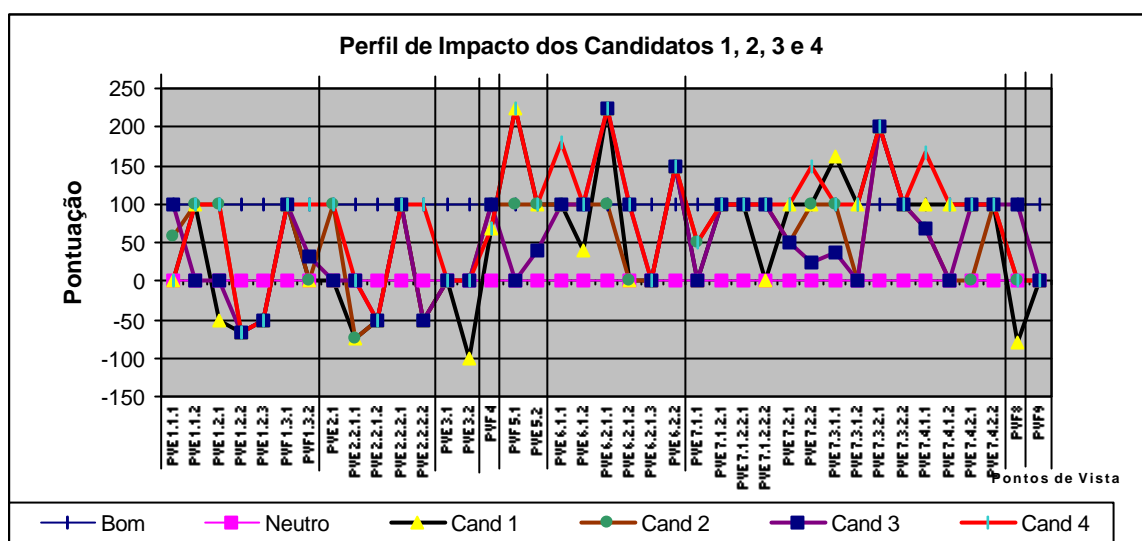


Figura 58 – Perfil de impactos dos candidatos 1,2,3 e 4.

Analisando-se o gráfico da Figura 58, verifica-se o desempenho dos candidatos ao programa *ApArtes* nos critérios (ou subcritérios), obtendo-se os seguintes resultados:

- Impactado **inferior** ao nível Neutro:
  - O candidato 4 obteve a **primeira** colocação com o menor desempenho.
  - O candidato 3 obteve a **segunda** colocação com o menor desempenho.
  - O candidato 2 obteve a **terceira** colocação com o menor desempenho.
  - O candidato 1 obteve a **quarta** colocação com o menor desempenho.
- Impactado entre os níveis Bom e Neutro:
  - O candidato 4 apresentou o **maior** desempenho.
  - Os candidatos 2 e 3 apresentaram um **empate no** desempenho.
  - O candidato 1 apresentou o **menor** desempenho.

- Impactado **superior** ao nível Bom:
  - O candidato 4 obteve a **primeira** colocação com o maior desempenho.
  - O candidato 1 obteve a **segunda** colocação com o maior desempenho.
  - O candidato 3 obteve a **terceira** colocação com o maior desempenho.
  - O candidato 2 obteve a **quarta** colocação com o maior desempenho.

#### 4.2.3 – Fórmula de Agregação Aditiva Global

A agregação aditiva é uma fórmula matemática que permite converter os indicadores de impacto de uma ação em uma **atratividade global**, ou seja, ter uma pontuação (avaliação) global da ação analisada (Ensslin et al., 2001).

Em outras palavras, o que se pretende é transformar um modelo que tem **múltiplos critérios** (avaliar candidatos ao programa *ApArtes*) num modelo com **critério único** que é a pontuação final que uma determinada ação recebe (Bana e Costa, 1998).

O desenvolvimento da fórmula da agregação aditiva faz-se por meio de uma combinação linear (ou soma ponderada) que resulta em **multiplicar** cada indicador de desempenho de uma ação obtida (candidato ao programa *ApArtes*) pelas taxas de substituição em todos os critérios (subcritérios) e, em seguida, **somam-se (agregam-se)** os resultados.

A fórmula de agregação aditiva é dada pelas equações abaixo (Bana e Costa, 1994):

$$V_G(a) = w_1 v_1(a) + w_2 v_2(a) + w_3 v_3(a) + \dots + w_n v_n(a) \quad (1)$$

ou

$$V_G(a) = \sum_i^n w_i v_i(a) \quad (2)$$

onde:

$V_G(a)$  → **Valor Global do Desempenho** da ação potencial 'a';

$W_i$  → **Taxa de Substituição** correspondente ao critério  $i$  (PVF  $i$ ),  $i = 1, 2, \dots, n$ ;

$V_i(a)$  → **Valor Parcial** de uma ação potencial 'a' no critério  $i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ .

As Equações 1 e 2 estão submetidas às seguintes restrições:

- 1)  $\sum_i^n w_i = 1$  → A somatória das taxas de substituição (pesos) é **igual a 1**;
- 2)  $0 < w_i < 1, \forall i$  → A taxa de substituição (peso) é um valor **positivo maior** que 0 e **menor** do que 1;
- 3)  $v_i(a) = 100, \forall i$  → O valor parcial da ação 'a' no **nível Bom** para todos os critérios;
- 4)  $v_i(a) = 0, \forall i$  → O valor parcial da ação 'a' no **nível Neutro** para todos os critérios;
- 5)  $V_G(a) = \sum_i^n w_i v_i(a) = 100$  → A pontuação global é igual a 100 quando o desempenho da ação 'a' é **impactado** em todos os critérios no **nível Bom**;
- 6)  $V_G(a) = \sum_i^n w_i v_i(a) = 0$  → A pontuação global é igual a 0 quando o desempenho da ação 'a' é **impactado** em todos os critérios no **nível Neutro**.

A fórmula de Agregação Aditiva Global (**Avaliação Global**) do modelo proposto é dada por:

$$\begin{aligned}
 V_G = & \mathbf{W}_1 \{ W_{1.1} ( W_{1.1.1} V_{1.1.1} ( a ) + W_{1.1.2} V_{1.1.2} ( a ) ) + W_{1.2} ( W_{1.2.1} V_{1.2.1} ( a ) + W_{1.2.2} V_{1.2.2} ( a ) + \\
 & W_{1.2.3} V_{1.2.3} ( a ) ) + W_{1.3} ( W_{1.3.1} V_{1.3.1} ( a ) + W_{1.3.2} V_{1.3.2} ( a ) ) \} + \mathbf{W}_2 \{ W_{2.1} V_{2.1} ( a ) + \\
 & W_{2.2} [ W_{2.2.1} ( W_{2.2.1.1} V_{2.2.1.1} ( a ) + W_{2.2.1.2} V_{2.2.1.2} ( a ) ) + W_{2.2.2} ( W_{2.2.2.1} V_{2.2.2.1} ( a ) + W_{2.2.2.2} V_{2.2.2.2} ( a ) ) ] \} + \\
 & \mathbf{W}_3 ( W_{3.1} V_{3.1} ( a ) + W_{3.2} V_{3.2} ( a ) ) + \mathbf{W}_4 V_4 ( a ) + \mathbf{W}_5 ( W_{5.1} V_{5.1} ( a ) + W_{5.2} V_{5.2} ( a ) ) + \\
 & \mathbf{W}_6 \{ W_{6.1} ( W_{6.1.1} V_{6.1.1} ( a ) + W_{6.1.2} V_{6.1.2} ( a ) ) + W_{6.2} [ W_{6.2.1} ( W_{6.2.1.1} V_{6.2.1.1} ( a ) + W_{6.2.1.2} V_{6.2.1.2} ( a ) + \\
 & W_{6.2.1.3} V_{6.2.1.3} ( a ) ) + W_{6.2.2} V_{6.2.2} ( a ) ] \} + \mathbf{W}_7 \{ W_{7.1} [ W_{7.1.1} V_{7.1.1} ( a ) + W_{7.1.2} [ W_{7.1.2.1} V_{7.1.2.1} ( a ) + \\
 & W_{7.1.2.2} ( W_{7.1.2.2.1} V_{7.1.2.2.1} ( a ) + W_{7.1.2.2.2} V_{7.1.2.2.2} ( a ) ) ] ] + W_{7.2} ( W_{7.2.1} V_{7.2.1} ( a ) + W_{7.2.2} V_{7.2.2} ( a ) ) + \\
 & W_{7.3} [ W_{7.3.1} ( W_{7.3.1.1} V_{7.3.1.1} ( a ) + W_{7.3.1.2} V_{7.3.1.2} ( a ) ) + W_{7.3.2} ( W_{7.3.2.1} V_{7.3.2.1} ( a ) + W_{7.3.2.2} V_{7.3.2.2} ( a ) ) ] + \\
 & W_{7.4} [ W_{7.4.1} ( W_{7.4.1.1} V_{7.4.1.1} ( a ) + W_{7.4.1.2} V_{7.4.1.2} ( a ) ) + W_{7.4.2} ( W_{7.4.2.1} V_{7.4.2.1} ( a ) + W_{7.4.2.2} V_{7.4.2.2} ( a ) ) ] \} + \\
 & \mathbf{W}_8 V_8 ( a ) + \mathbf{W}_9 V_9 ( a ).
 \end{aligned} \tag{3}$$

onde:

$V_G(a)$  → Valor Global do Desempenho do candidato 'a';

$W_i$  → Taxas de Substituição correspondentes ao critério  $i$  (PVF  $i$ ) (em destaque na cor azul);

$V_i(a)$  → Valor Impactado de uma ação potencial 'a' no critério  $i$  (PVF  $i$ ) na escala corrigida (Função de Ancoragem);

Os subíndices  $ijkw$  correspondem aos níveis associados à hierarquia do PVF, isto é:

$W_{ijkw}$  → Taxas de Substituição correspondente ao subcritério  $ijkw$  (PVE  $ijkw$ );

$V_{ijkw}(a)$  → Valor Impactado de uma ação potencial 'a' no critério  $ijkw$  (PVE  $ijkw$ ) na escala corrigida (Função de Ancoragem).

PVF $i$	PVE $ij$	PVE $ijk$	PVE $ijkw$
1° Nível	2° Nível	3° Nível	4° Nível

Substituindo-se as taxas de substituição e dos critérios e subcritérios na Equação 3, e obtém-se o seguinte resultado:

$$\begin{aligned}
V_G = & \mathbf{0,1}\{0,35( 0,6V_{1.1.1} ( a ) + 0,4 ( a ) ) + 0,15 ( 0,5V_{1.2.1} ( a ) + 0,33V_{1.2.2} ( a ) + 0,17V_{1.2.3} ( a ) + \\
& 0,5 ( 0,45V_{1.3.1} ( a ) + 0,55V_{1.3.2} ( a ) ) \} + \mathbf{0,21} \{ 0,3V_{2.1} ( a ) + 0,7 [ 0,55( 0,8V_{2.2.1.1} ( a ) + \\
& 0,2V_{2.2.1.2} ( a ) ) + 0,45 ( 0,8V_{2.2.2.1} ( a ) + 0,2V_{2.2.2.2} ( a ) )]\} + \mathbf{0,09}( 0,2V_{3.1} ( a ) + 0,8V_{3.2} ( a ) ) + \\
& \mathbf{0,07}V_4 ( a ) + \mathbf{0,16} ( 0,65V_{5.1} ( a ) + 0,35V_{5.2} ( a ) ) + \mathbf{0,15}\{ 0,55 ( 0,6V_{6.1.1} ( a ) + 0,4V_{6.1.2} ( a ) ) + \\
& 0,45 [ 0,3 ( 0,47V_{6.2.1.1} ( a ) + 0,35V_{6.2.1.2} ( a ) + 0,18V_{6.2.1.3} ( a ) ) + 0,7V_{6.2.2} ( a ) ] \} + \\
& \mathbf{0,14} \{ 0,17 [ 0,45V_{7.1.1} ( a ) + 0,55 [ 0,35V_{7.1.2.1} ( a ) + 0,65 ( 0,6V_{7.1.2.2.1} ( a ) + 0,4V_{7.1.2.2.2} ( a ) )]\} + \\
& 0,28 ( 0,55V_{7.2.1} ( a ) + 0,45V_{7.2.2} ( a ) ) + 0,45 [ 0,4( 0,3V_{7.3.1.1} ( a ) + 0,7V_{7.3.1.2} ( a ) ) + 0,6( 0,45V_{7.3.2.1} ( a ) + \\
& 0,55V_{7.3.2.2} ( a ) ) ] + 0,1 [ 0,65 ( 0,45V_{7.4.1.1} ( a ) + 0,55V_{7.4.1.2} ( a ) ) + 0,35 ( 0,8V_{7.4.2.1} ( a ) + \\
& 0,2V_{7.4.2.2} ( a ) ) ] \} + \mathbf{0,03}V_8 ( a ) + \mathbf{0,05}V_9 ( a ). \tag{4}
\end{aligned}$$

Os valores destacados, em cor azul, correspondem às taxas de substituição dos nove critérios, e os valores internos (dentro das chaves) correspondem às taxas de substituição dos subcritérios.

A Figura 59 mostra a Equação 4 com o produto das taxas de substituição dos critérios e dos subcritérios, em que os  $V_i$  e  $V_{ijkl}$  correspondem ao valor impactado de uma ação potencial 'a' (candidato) no descritor.

$$\begin{aligned}
V_G ( a ) = & \mathbf{0,021} V_{1.1.1} ( a ) + \mathbf{0,014} V_{1.1.2} ( a ) + \mathbf{0,008} V_{1.2.1} ( a ) + \mathbf{0,005} V_{1.2.2} ( a ) + \mathbf{0,003} V_{1.2.3} ( a ) + \\
& \mathbf{0,023} V_{1.3.1} ( a ) + \mathbf{0,028} V_{1.3.2} ( a ) + \mathbf{0,063} V_{2.1} ( a ) + \mathbf{0,065} V_{2.2.1.1} ( a ) + \mathbf{0,016} V_{2.2.1.2} ( a ) + \\
& \mathbf{0,053} V_{2.2.2.1} ( a ) + \mathbf{0,013} V_{2.2.2.2} ( a ) + \mathbf{0,180} V_{3.1} ( a ) + \mathbf{0,720} V_{3.2} ( a ) + \mathbf{0,7} V_4 ( a ) + \mathbf{0,104} V_{5.1} ( a ) + \\
& \mathbf{0,056} V_{5.2} ( a ) + \mathbf{0,050} V_{6.1.1} ( a ) + \mathbf{0,033} V_{6.1.2} ( a ) + \mathbf{0,010} V_{6.2.1.1} ( a ) + \mathbf{0,007} V_{6.2.1.2} ( a ) + \\
& \mathbf{0,004} V_{6.2.1.3} ( a ) + \mathbf{0,047} V_{6.2.2} ( a ) + \mathbf{0,011} V_{7.1.1} ( a ) + \mathbf{0,005} V_{7.1.2.1} ( a ) + \mathbf{0,005} V_{7.1.2.2.1} ( a ) + \\
& \mathbf{0,003} V_{7.1.2.2.2} ( a ) + \mathbf{0,022} V_{7.2.1} ( a ) + \mathbf{0,018} V_{7.2.2} ( a ) + \mathbf{0,008} V_{7.3.1.1} ( a ) + \mathbf{0,018} V_{7.3.1.2} ( a ) + \\
& \mathbf{0,017} V_{7.3.2.1} ( a ) + \mathbf{0,021} V_{7.3.2.2} ( a ) + \mathbf{0,004} V_{7.4.1.1} ( a ) + \mathbf{0,005} V_{7.4.1.2} ( a ) + \mathbf{0,004} V_{7.4.2.1} ( a ) + \\
& \mathbf{0,001} V_{7.4.2.2} ( a ) + \mathbf{0,03} V_8 ( a ) + \mathbf{0,05} V_9 ( a )
\end{aligned}$$

**Figura 59** – Fórmula da agregação aditiva do modelo com as taxas de substituição.

Outra forma de representar a equação da Figura 59, como mostra a Equação 5, com as taxas de substituição com as escalas de MACBETH dos descritores correspondentes.

$$\begin{aligned}
V_G = & 0,021 \begin{pmatrix} 100 \\ 57 \\ 0 \\ -43 \end{pmatrix} + 0,014 \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \\ -75 \end{pmatrix} + 0,008 \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \\ -50 \end{pmatrix} + 0,005 \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \\ -67 \end{pmatrix} + 0,003 \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \\ -50 \end{pmatrix} + 0,023 \begin{pmatrix} 100 \\ 43 \\ 0 \\ -43 \end{pmatrix} + \\
& 0,028 \begin{pmatrix} 100 \\ 33 \\ 0 \\ -17 \end{pmatrix} + 0,063 \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \\ -60 \end{pmatrix} + 0,065 \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \\ -75 \end{pmatrix} + 0,016 \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \\ -50 \end{pmatrix} + 0,053 \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \\ -80 \end{pmatrix} + 0,013 \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \\ -50 \end{pmatrix} + \\
& + 0,11 \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \\ -67 \end{pmatrix} + 0,71 \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \\ -100 \end{pmatrix} + 0,1 \begin{pmatrix} 100 \\ 67 \\ 0 \\ -50 \end{pmatrix} + 0,1 \begin{pmatrix} 225 \\ 100 \\ 0 \\ -75 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 100 \\ 40 \\ 0 \\ -20 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 180 \\ 100 \\ 0 \\ -80 \end{pmatrix} \Big) 5 \\
& 0,033 \begin{pmatrix} 180 \\ 100 \\ 40 \\ 0 \\ -40 \end{pmatrix} + 0,01 \begin{pmatrix} 225 \\ 100 \\ 75 \\ 0 \\ -75 \end{pmatrix} + 0,007 \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \end{pmatrix} + 0,004 \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \end{pmatrix} + 0,047 \begin{pmatrix} 150 \\ 100 \\ 25 \\ 0 \\ -75 \end{pmatrix} + 0,011 \begin{pmatrix} 100 \\ 50 \\ 0 \\ -50 \end{pmatrix} + \\
& 0,005 \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \end{pmatrix} + 0,005 \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \end{pmatrix} + 0,003 \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \end{pmatrix} + 0,022 \begin{pmatrix} 100 \\ 50 \\ 0 \\ -33 \end{pmatrix} + 0,018 \begin{pmatrix} 150 \\ 100 \\ 25 \\ 0 \\ -50 \end{pmatrix} + 0,008 \begin{pmatrix} 162 \\ 100 \\ 38 \\ 0 \\ -38 \end{pmatrix} + \\
& 0,018 \begin{pmatrix} 200 \\ 100 \\ 0 \\ -67 \end{pmatrix} + 0,017 \begin{pmatrix} 200 \\ 100 \\ 0 \\ -67 \end{pmatrix} + 0,021 \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \\ -75 \end{pmatrix} + 0,004 \begin{pmatrix} 167 \\ 100 \\ 67 \\ 0 \\ -67 \end{pmatrix} + 0,005 \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \\ -75 \end{pmatrix} + 0,004 \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \\ -100 \end{pmatrix} + \\
& 0,001 \begin{pmatrix} 100 \\ 43 \\ 0 \\ -29 \end{pmatrix} + 0,03 \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \\ -80 \end{pmatrix} + 0,05 \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \end{pmatrix} \tag{5}
\end{aligned}$$



A **Fórmula de Agregação Aditiva** pode ser expressa da seguinte forma:

**$V_G =$  Envolvimento do Candidato com Área + Potencial Profissional + Potencial da Área + Retorno ao País + Avaliação do Curso + Qualificação e Interesse do Orientador + Infra-estrutura + Custo do Curso + Tempo Previsto para Conclusão**

**Figura 60** – Fórmula da agregação aditiva global do modelo em forma de palavras.

A fórmula de Agregação Aditiva Global determina uma pontuação final que leva em conta todos os nove critérios do modelo. Essa pontuação é um valor **absoluto** que cada ação potencial (candidato) tem, ou seja, cada candidato recebe uma pontuação **independente** dos demais. A **exclusão** ou a **inclusão** de candidatos no modelo não altera os resultados obtidos dos candidatos avaliados. Essa é uma das vantagens de a avaliação ter uma pontuação absoluta.

#### 4.2.4 – Fórmula de Agregação Aditiva Parcial

Para facilitar o processo de entendimento da Fórmula de Agregação Aditiva Global, construída para esse modelo, com objetivo de ter uma avaliação (pontuação) final das ações potenciais (dos candidatos) que levem em conta todos os critérios do modelo, é necessário construir a fórmula por parte, '**Fórmula de Agregação Aditiva Parcial com a Escala de MACBETH**'. Essa fórmula permite converter uma avaliação **local** em uma avaliação **parcial**.

A partir da Equação 3, pode-se determinar as equações parciais com a escala de MACBETH de cada critério do modelo da seguinte forma:

Fórmula de agregação aditiva parcial com a escala de MACBETH dos PVE subordinados ao PVF 1 – Envolvimento do Candidato com Área.

### PVE 1.1 – Produção e Atuação na Área

$$V_{1.1}(a) = W_{1.1} \left[ W_1 \begin{pmatrix} 100 \\ 57 \\ 0 \\ -43 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \\ -75 \end{pmatrix} \right] \quad (6)$$

### PVE 1.2 – Formação ou Escolaridade Superior

$$V_{1.2}(a) = W_{1.2} \left[ W_1 \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \\ -50 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \\ -67 \end{pmatrix} \right] + W_{1.2.3} \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \\ -50 \end{pmatrix} \quad (7)$$

### PVE 1.3 – Proposta de Trabalho

$$V_{1.3}(a) = W_{1.3} \left[ W_1 \begin{pmatrix} 100 \\ 43 \\ 0 \\ -43 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 100 \\ 33 \\ 0 \\ -17 \end{pmatrix} \right] \quad (8)$$

Fórmula de Agregação Aditiva Parcial com a escala de MACBETH do **PVF 1** **Envolvimento do Candidato** é dada por:

$$V_1(a) = V_{1.1}(a) + V_{1.2}(a) + V_{1.3}(a). \quad (9)$$

Fórmula de Agregação Aditiva Parcial com a escala de MACBETH dos PVE subordinados ao PVF 2 – Potencial Profissional.

### PVE 2.1 – Perfil de Liderança

$$V_{2.1}(a) = W \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \\ -60 \end{pmatrix} \quad (10)$$

### PVE 2.2 – Potencial Artístico

$$V_{2.2}(a) = W_{2.2} \left\{ W_{2.2.1} \left[ W_{2.2.1.1} \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \\ -75 \end{pmatrix} + W_{2.2.1.2} \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \\ -50 \end{pmatrix} \right] + W_{2.2.2} \left[ W_{2.2.2.1} \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \\ -80 \end{pmatrix} + W_{2.2.2.2} \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \\ -50 \end{pmatrix} \right] \right\} \quad (11)$$

Fórmula de Agregação Aditiva Parcial com a escala de MACBETH do **PVF 2**  
**Potencial Profissional** é dada por:

$$V_2(a) = V_{2.1}(a) + V_{2.2}(a). \quad (12)$$

Fórmula de Agregação Aditiva Parcial com a escala de MACBETH do **PVF 3**  
**Potencial da Área** é dada por:

$$V_3(a) = W \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \\ -67 \end{pmatrix} + W_3 \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \\ -100 \end{pmatrix} \quad (13)$$

Fórmula de Agregação Aditiva Parcial com a escala de MACBETH do **PVF 4**  
**Retorno ao País.**

$$V_4(a) = \begin{pmatrix} 100 \\ 67 \\ 0 \\ -50 \end{pmatrix} \quad (14)$$

Fórmula de Agregação Aditiva Parcial com a escala de MACBETH do **PVF 5**  
**Avaliação do Curso.**

$$V_5(a) = W_{5.1} \begin{pmatrix} 225 \\ 100 \\ 0 \\ -75 \end{pmatrix} + W_{5.2} \begin{pmatrix} 100 \\ 40 \\ 0 \\ -20 \end{pmatrix} \quad (15)$$

Fórmula de Agregação Aditiva Local com a escala de MACBETH dos PVE subordinados ao **PVF 6 – Qualificação e Interesse do Orientador.**

#### PVE 6.1 – Forma de Trabalho

$$V_{6.1}(a) = W_{6.1} \left( W_{6.1.1} \begin{pmatrix} 180 \\ 100 \\ 0 \\ -80 \end{pmatrix} + W_{6.1.2} \begin{pmatrix} 180 \\ 100 \\ 40 \\ 0 \\ -40 \end{pmatrix} \right) \quad (16)$$

### PVE 6.2 – Interesse Pessoal pelo Candidato

$$V_{6.2}(a) = W_{6.2} \left\{ W_{6.2.1} \left[ W_{6.2.1.1} \begin{pmatrix} 225 \\ 100 \\ 75 \\ 0 \\ -75 \end{pmatrix} + W_{6.2.1.2} \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \end{pmatrix} + W_{6.2.1.3} \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \end{pmatrix} + W_{6.2.2} \begin{pmatrix} 150 \\ 100 \\ 25 \\ 0 \\ -75 \end{pmatrix} \right\} \quad (17)$$

Fórmula de Agregação Aditiva Parcial com a escala de MACBETH do **PVF 6** – **Qualificação e Interesse do Orientador** é dada por:

$$V_6(a) = V_{6.1}(a) + V_{6.2}(a). \quad (18)$$

Fórmula de Agregação Aditiva Parcial com a escala de MACBETH dos PVE subordinados ao **PVF 7 – Infra-estrutura**.

### PVE 7.1 – Informática

$$V_{7.1}(a) = W_{7.1} \left\{ W_{7.1.1} \begin{pmatrix} 100 \\ 50 \\ 0 \\ -50 \end{pmatrix} + W_{7.1.2} \left[ W_{7.1.2.1} \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \end{pmatrix} + W_{7.1.2.2} \left[ W_{7.1.2.2.1} \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \end{pmatrix} + W_{7.1.2.2.2} \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \end{pmatrix} \right] \right] \right\} \quad (19)$$

### PVE 7.2 – Espaço Físico para o Estudo

$$V_{7.2}(a) = W_{7.2} \left[ W_{7.2.1} \begin{pmatrix} 100 \\ 50 \\ 0 \\ -33 \end{pmatrix} + W_{7.2.2} \begin{pmatrix} 150 \\ 100 \\ 25 \\ 0 \\ -50 \end{pmatrix} \right] \quad (20)$$

### PVE 7.3 – Laboratório (Equipamentos e Materiais)

$$V_{7.3}(a) = W_{7.3} \left\{ W_{7.3.1} \left[ W_{7.3.1.1} \begin{pmatrix} 162 \\ 100 \\ 38 \\ 0 \\ -38 \end{pmatrix} + W_{7.3.1.2} \begin{pmatrix} 200 \\ 100 \\ 0 \\ -67 \end{pmatrix} \right] + W_{7.3.2} \left[ W_{7.3.2.1} \begin{pmatrix} 200 \\ 100 \\ 0 \\ -67 \end{pmatrix} + W_{7.3.2.2} \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \\ -75 \end{pmatrix} \right] \right\} \quad (21)$$

## PVE 7.4 – Biblioteca

$$V_7(a) = W_{7.4} \left\{ W_{7.4.1} \left\{ W_{7.4.1.1} \begin{pmatrix} 167 \\ 100 \\ 67 \\ 0 \\ -67 \end{pmatrix} + W_{7.4.1.2} \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \\ -75 \end{pmatrix} + W_{7.4.2} \left\{ W_{7.4.2.1} \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \\ -100 \end{pmatrix} + W_{7.4.2.2} \begin{pmatrix} 100 \\ 43 \\ 0 \\ -29 \end{pmatrix} \right\} \right\} \quad (22)$$

Fórmula de Agregação Aditiva Parcial com a escala de MACBETH do **PVF 7**  
 – **Infra-estrutura** é dada por:

$$V_7(a) = V_{7.1}(a) + V_{7.2}(a) + V_{7.3}(a) + V_{7.4}(a). \quad (23)$$

Fórmula de Agregação Aditiva Parcial com a escala de MACBETH do **PVF 8**  
 – **Custo Anual**.

$$V_8(a) = \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \\ -80 \end{pmatrix} \quad (24)$$

Fórmula de Agregação Aditiva Parcial com a escala de MACBETH do **PVF 9**  
 – **Tempo Previsto para Conclusão**.

$$V_9(a) = \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \\ -150 \end{pmatrix} \quad (25)$$

A equação 4.3 da Fórmula de Agregação Aditiva também pode ser representada por:

$$V_G(a) = w_1v_1(a) + w_2v_2(a) + w_3v_3(a) + w_4v_4(a) + w_5v_5(a) + w_6v_6(a) + w_7v_7(a) + w_8v_8(a) + w_9v_9(a), \quad (26)$$

onde:

$w_i \rightarrow$  representa o valor da taxa de substituição do critério  $i$ ,  $i = 1, 2, \dots, 9$ ;

$v_i \rightarrow$  representa o valor da avaliação parcial do critério  $i$ ,  $i = 1, 2, \dots, 9$ ;

#### 4.2.4.1 – Avaliação Parcial dos Candidatos

Após ter sido feita a avaliação local em que cada candidato obteve uma pontuação local, somam-se em cada critério (PVF) as pontuações obtidas. Assim, o candidato 1 obteve a seguinte avaliação parcial:

##### PVF 1 – Envolvimento do Candidato com Área.

###### PVE 1.1 – Produção e Atuação na Área

$$V_{1.1}(a) = 0,21 \begin{pmatrix} 100 \\ 57 \\ 0 \\ -43 \end{pmatrix} + 0,14 \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \\ -75 \end{pmatrix} \Rightarrow V_{1.1}(a) = 14.$$

###### PVE 1.2 – Formação ou Escolaridade Superior

$$V_{1.2}(a) = 0,08 \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \\ -50 \end{pmatrix} + 0,05 \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \\ -67 \end{pmatrix} + 0,03 \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \\ -50 \end{pmatrix} \Rightarrow V_{1.2}(a) = -8,3.$$

###### PVE 1.3 – Proposta de Trabalho

$$V_{1.3}(a) = 0,23 \begin{pmatrix} 100 \\ 43 \\ 0 \\ -43 \end{pmatrix} + 0,28 \begin{pmatrix} 100 \\ 33 \\ 0 \\ -17 \end{pmatrix} \Rightarrow V_{1.3}(a) = 22,5.$$

Avaliação Parcial do candidato 1 no **PVF 1 – Envolvimento do Candidato** é:

$$\mathbf{V}_1(\mathbf{a}) = \mathbf{V}_{1.1}(\mathbf{a}) + \mathbf{V}_{1.2}(\mathbf{a}) + \mathbf{V}_{1.3}(\mathbf{a}) = 14 + (-8,3) + 22,5 = 28.$$

##### PVF 2 – Potencial Profissional.

###### PVE 2.1 – Perfil de Liderança

$$V_{2.1}(a) = 0, \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \\ -60 \end{pmatrix} \Rightarrow V_{2.1}(a) = 0,3 \cdot 0 = 0.$$

**PVE 2.2 – Potencial Artístico**

$$V_{2.2}(a) = 0,31 \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \\ -75 \end{pmatrix} + 0,08 \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \\ -50 \end{pmatrix} + 0,25 \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \\ -80 \end{pmatrix} + 0,06 \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \\ - \end{pmatrix} \Rightarrow V_{2.2}(a) = -49$$

Avaliação Parcial do candidato 1 no **PVF 2 Potencial Profissional** é:

$$V_2(a) = V_{2.1}(a) + V_{2.2}(a) = 0 + (-4,9) = -5.$$

**PVF 3 – Potencial da Área**

$$V_3(a) = 0,2 \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \\ -67 \end{pmatrix} + 0,8 \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \\ -100 \end{pmatrix} \Rightarrow V_3(a) = -80.$$

Avaliação Parcial do candidato 1 no **PVF 3 – Potencial da Área** é:

$$V_3(a) = V_{3.1}(a) + V_{3.2}(a) = 0 - 80 = -80.$$

**PVF 4 – Retorno ao País.**

$$V_4(a) = \begin{pmatrix} 100 \\ 67 \\ 0 \\ -50 \end{pmatrix} \Rightarrow V_4(a) = 67.$$

Avaliação Parcial do candidato 1 no **PVF 4 – Retorno ao País** é:

$$V_4(a) = 67.$$

**PVF 5 – Avaliação do Curso.**

$$V_5(a) = 0,65 \begin{pmatrix} 225 \\ 100 \\ 0 \\ -75 \end{pmatrix} + 0,35 \begin{pmatrix} 100 \\ 40 \\ 0 \\ -20 \end{pmatrix} \Rightarrow V_5(a) = (146,2 + 35) = 181.$$

Avaliação Parcial do candidato 1 no **PVF 5 – Avaliação do Curso** é:

$$V_5(a) = V_{5.1}(a) + V_{5.2}(a) = 181.$$

## PVF 6 – Qualificação e Interesse do Orientador.

### PVE 6.1 – Forma de Trabalho

$$V_{6.1}(a) = 0,33 \begin{pmatrix} 180 \\ 100 \\ 0 \\ -80 \end{pmatrix} + 0,22 \begin{pmatrix} 180 \\ 100 \\ 40 \\ 0 \\ -40 \end{pmatrix} \Rightarrow V_{6.1}(a) = 42.$$

### PVE 6.2 – Interesse Pessoal pelo Candidato

$$V_{6.2}(a) = 0,063 \begin{pmatrix} 225 \\ 100 \\ 75 \\ 0 \\ -75 \end{pmatrix} + 0,047 \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \end{pmatrix} + 0,024 \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \end{pmatrix} + 0,315 \begin{pmatrix} 150 \\ 100 \\ 25 \\ 0 \\ -75 \end{pmatrix} \Rightarrow V_{6.2}(a) = 61$$

Avaliação Parcial do candidato 1 no **PVF 6 – Qualificação e Interesse do Orientador** é:

$$V_6(a) = V_{6.1}(a) + V_{6.2}(a) = 42 + 61 = 103.$$

## PVF 7 – Infra-estrutura.

### PVE 7.1– Informática

$$V_{7.1}(a) = 0,08 \begin{pmatrix} 100 \\ 50 \\ 0 \\ -50 \end{pmatrix} + 0,03 \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \end{pmatrix} + 0,04 \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \end{pmatrix} + 0,02 \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \end{pmatrix} \Rightarrow V_{7.1}(a) = 7$$

### PVE 7.2– Espaço Físico para o Estudo

$$V_{7.2}(a) = 0,16 \begin{pmatrix} 100 \\ 50 \\ 0 \\ -33 \end{pmatrix} + 0,13 \begin{pmatrix} 150 \\ 100 \\ 25 \\ 0 \\ -50 \end{pmatrix} \Rightarrow V_{7.2}(a) = 28.$$

### PVE 7.3 – Laboratório (Equipamentos e Materiais)

$$V_{7.3}(a) = 0,05 \begin{pmatrix} 162 \\ 100 \\ 38 \\ 0 \\ -38 \end{pmatrix} + 0,13 \begin{pmatrix} 200 \\ 100 \\ 0 \\ -67 \end{pmatrix} + 0,12 \begin{pmatrix} 200 \\ 100 \\ 0 \\ -67 \end{pmatrix} + 0,15 \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \\ -75 \end{pmatrix} \Rightarrow V_{7.3}(a) = 60,5.$$



### PVE 7.4 – Biblioteca

$$V_{7.4}(a) = 0,03 \begin{pmatrix} 167 \\ 100 \\ 67 \\ 0 \\ -67 \end{pmatrix} + 0,036 \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \\ -75 \end{pmatrix} + 0,003 \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \\ -100 \end{pmatrix} + 0,007 \begin{pmatrix} 100 \\ 43 \\ 0 \\ -29 \end{pmatrix} \Rightarrow V_{7.4}(a) = 10.$$

Avaliação Parcial do **PVF 7 – Infra-estrutura** é:

$$V_7(a) = V_{7.1}(a) + V_{7.2}(a) + V_{7.3}(a) + V_{7.4}(a) = 7 + 28 + 60,5 + 10 = 105.$$

### PVF 8 – Custo Anual

$$V_8(a) = \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \\ -80 \end{pmatrix} \Rightarrow V_8(a) = -80.$$

Avaliação Parcial do candidato 1 no **PVF 8 – Custo Anual** é:

$$V_8(a) = -80.$$

### PVF 9 – Tempo Previsto para Conclusão.

$$V_9(a) = \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \\ -150 \end{pmatrix} \Rightarrow V_9(a) = 0.$$

Avaliação Parcial do candidato 1 no **PVF 9 – Tempo Previsto para Conclusão** é:

$$V_9(a) = 0.$$

Os cálculos das avaliações parciais dos demais candidatos se encontram no **Apêndice B**.

A Figura 61 apresenta os resultados das avaliações parciais dos candidatos.

<b>Avaliação Parcial dos Candidatos</b>				
<b>Critérios</b>	<b>Candidato 1</b>	<b>Candidato 2</b>	<b>Candidato 3</b>	<b>Candidato 4</b>
PVF 1 – Envolvimento do Candidato com a Área	28	51	48	68
PVF 2 – Potencial Profissional	-5	25	18	57
PVF 3 – Potencial da Área	-80	0	0	0
PVF 4 – Retorno ao País	67	100	100	67
PVF 5 – Avaliação do Curso	181	100	14	181
PVF 6 – Qualificação e Interesse do Orientador	103	109	121	147
PVF 7 – Infra-estrutura	105	81	67	117
PVF 8 – Custo Anual	-80	0	100	0
PVF 9 – Tempo Previsto para Conclusão	0	0	0	0

**Figura 61** – Avaliação parcial dos candidatos nos critérios.

#### 4.2.5 – Avaliação Global dos Candidatos

De posse dos resultados das avaliações parciais dos candidatos, pode-se determinar a Avaliação nos Critérios e Avaliação Global dos candidatos. Basta substituir na Equação 3 o valor das taxas de substituição dos critérios e os resultados das avaliações parciais:

##### **Candidato 1**

$$\begin{aligned}
 V_G(\text{candidato 1}) &= 0,1(28) + 0,21(-5) + 0,09(-80) + 0,07(67) + 0,16(181) + 0,15(103) \\
 &\quad + 0,14(105) + 0,03(-80) + 0,05(0) = 2,8 + (-1) + (-7,2) + 4,7 + 29 + \\
 &\quad 15,5 + 14,8 + (-2,4) + 0 = 56.
 \end{aligned}$$

**Candidato 2**

$$V_G(\text{candidato 2}) = 0,1(51) + 0,21(25) + 0,09(0) + 0,07(100) + 0,16(100) + 0,15(109) + 0,14(81) + 0,03(0) + 0,05(0) = 5,1 + 5,3 + 0 + 7 + 16 + 16,3 + 11,3 + 0 + 0 = 61.$$

**Candidato 3**

$$V_G(\text{candidato 3}) = 0,1(48) + 0,21(18) + 0,09(0) + 0,07(100) + 0,16(14) + 0,15(121) + 0,14(67) + 0,03(100) + 0,05(0) = 4,8 + 3,8 + 0 + 7 + 2,2 + 18,2 + 9,4 + 3 + 0 = 49.$$

**Candidato 4**

$$V_G(\text{candidato 4}) = 0,1(68) + 0,21(57) + 0,09(0) + 0,07(67) + 0,16(181) + 0,15(147) + 0,14(117) + 0,03(0) + 0,05(0) = 6,8 + 12,1 + 0 + 4,7 + 29 + 22,2 + 16,3 + 0 + 0 = 91.$$

A Figura 62 apresenta um resumo dos resultados das avaliações nos critérios e avaliações globais dos candidatos.

<b>Avaliações nos Critérios e Avaliações Globais dos Candidatos</b>				
<b>Pontos de Vista</b>	<b>Candidato 1</b>	<b>Candidato 2</b>	<b>Candidato 3</b>	<b>Candidato 4</b>
PVF 1 – Envolvimento do Candidato com a Área	2,8	5,1	4,8	6,7
PVF 2 – Potencial Profissional	-1	5,3	3,8	12,1
PVF 3 – Potencial da Área	-7,2	0	0	0
PVF 4 – Retorno ao País	4,7	7	7	4,7
PVF 5 – Avaliação do Curso	29	16	2,2	29
PVF 6 – Qualificação e Interesse do Orientador	15,5	16,3	18,2	22,2
PVF 7 – Infra-estrutura	14,8	11,3	9,4	16,3
PVF 8 – Custo Anual	-2,4	0	3	0
PVF 9 – Tempo Previsto para Conclusão	0	0	0	0
<b>Avaliação Global</b>	<b>56</b>	<b>61</b>	<b>49</b>	<b>91</b>

**Figura 62** – Resumo das avaliações dos candidatos.

Na Figura 62, pode-se verificar que nas avaliações globais, os candidatos obtiveram os seguintes resultados; o candidato 4 teve a **maior** pontuação (91 pontos); o candidato 3 obteve a **menor** colocação com 49 pontos. O decisor, ao analisar o candidato 1 com a pontuação de 56 pontos e o candidato 2 com a pontuação de 61 pontos, considerou as pontuações **muito próximas**, ou seja, a diferença entre eles era **muito pequena**. Por isso, ficou difícil escolher, com segurança, um candidato entre os dois. Em outras palavras, com a diferença entre os candidatos de somente 5 pontos, pode-se dizer que os candidatos estavam **tecnicamente empatados**. Neste caso, pode-se analisar o **potencial** dos candidatos 1 e 2 na **melhoria do desempenho** pelos indicadores de impacto em que os candidatos apresentaram **baixo desempenho**. Antes de se efetuar a análise do potencial dos candidatos 1 e 2, terminar-se-á a análise da Figura 62.

**PVF 1– Envolvimento do Candidato com Área** → Os candidatos foram avaliados nos subcritérios: Produção e Atuação na Área; Formação ou Escolaridade Superior; Proposta de Trabalho. De acordo com as preferências do decisor, esse critério posiciona-se em **quinto lugar** na relação dos demais critérios, obtendo assim, uma taxa de substituição 10%.

Todos os candidatos obtiveram uma **pontuação positiva (avaliação)**, significando dizer que os candidatos alcançaram um desempenho maior nos indicadores de impacto **acima do nível Neutro**, prevalecendo no resultado uma pontuação positiva, (ver Figura 62). O candidato 1 obteve a **menor** pontuação, porém os candidatos 2 e 3 obtiveram pontuações muito próximas, caracterizando-se um **empate técnico**. O candidato 4 obteve a **maior** pontuação.

**PVF 2 – Potencial Profissional** → Os candidatos foram avaliados nos subcritérios: Perfil de Liderança; Potencial Artístico. O decisor julgou como sendo este o critério mais importante, isto é, **primeiro lugar** em relação aos demais critérios, tendo uma taxa de substituição de 21%.

O candidato 1 foi o único que teve uma **pontuação negativa**, sendo o desempenho dele **abaixo do nível Neutro**. Os demais obtiveram uma pontuação em que prevaleceram os resultados, **acima do nível Neutro**. O candidato 2 ficou em

**segundo lugar**; o candidato 3, em **terceiro lugar** e o candidato 4 apresentou uma pontuação **expressiva** com relação aos demais, ficando em primeiro lugar.

**PVF 3 – Potencial da Área** → Neste critério, os candidatos foram avaliados pela Demanda de Mercado de Trabalho para Empresa e Ensino. Com relação aos demais critérios, o PVF 3 está posicionado em **sexto lugar**, de acordo com as preferências do decisor, obtendo uma taxa de substituição de 9%.

O desempenho do candidato 1 obteve uma **pontuação negativa** nos indicadores de impacto, prevalecendo o resultado **abaixo do nível Neutro**, enquanto os demais candidatos obtiveram desempenhos **iguais** com uma pontuação no **nível Neutro**.

**PVF 4 Retorno ao País** → Neste critério, os candidatos foram avaliados quanto à sua posição de Retornar ao País após a conclusão. Esse PVF de acordo com as com preferências decisor, tem uma posição de **sétimo lugar** com relação aos demais critérios, obtendo uma taxa de substituição de 7%.

Todos os candidatos apresentaram desempenhos com uma pontuação positiva, prevalecendo a impactação **acima do nível Neutro**. Os candidatos 1 e 4 obtiveram as pontuações **iguais** e as **menores**, enquanto os candidatos 2 e 3 apresentaram pontuações iguais e as **maiores**.

**PVF 5 – Avaliação do Curso** → Os cursos são avaliados pelos Níveis de Qualidade dos Cursos e a Demanda de Estudante pelos Cursos. O critério foi julgado pelo decisor como sendo o **segundo** mais importante com relação aos demais, obtendo uma taxa de substituição de 16%.

Os candidatos apresentaram desempenhos com uma pontuação positiva, prevalecendo a impactação **acima do nível Neutro**. As pontuações dos candidatos 1 e 4 foram iguais e **expressivas** com relação aos demais, ficando em **primeiro lugar**; o candidato 2 obteve uma posição de **segundo lugar**; já o candidato 3 apresentou uma pontuação **inexpressiva**, comprometendo sua avaliação global que foi a **menor**.

**PVF 6 – Qualificação e Interesse do Orientador** ® Avalia a forma de Atendimento entre o Orientador e o Aluno, Produção Científica do Orientador e Envolvimento do Orientador pela Área da Especialização do Aluno. Pela preferência do decisor, é o **terceiro** critério mais importante com relação aos demais, obtendo uma taxa de substituição de 15%.

Os desempenhos dos candidatos tiveram uma pontuação positiva, prevalecendo a impactação **acima do nível Neutro**. O candidato 4 mais uma vez, obteve uma pontuação **expressiva** ficando em **primeiro lugar**, o candidato 1 ficou em **quarto lugar**; candidato 2 em **terceiro lugar** e o candidato 3 em **segundo lugar**.

**PVF 7 – Infra-estrutura** ® Avalia a Qualidade da Informática, o Espaço Físico para o Estudo, o Laboratório e a Biblioteca. De acordo com as preferências do decisor, este critério é o **quarto** mais importante com relação aos demais, obtendo uma taxa de substituição de 14%.

Todos os candidatos tiveram uma pontuação positiva significativa, prevalecendo a impactação **acima do nível Neutro**. O candidato 3 apresentou a **menor** pontuação; o candidato 1 teve a pontuação na **segunda posição**; o candidato 2 teve a pontuação na **terceira posição** e o candidato 4 obteve a **primeira posição** expressiva.

**PVF 8 – Custo Anual do Curso** ® Analisa a Média do Custo Anual da Especialização. Esse critério ocupou a **última** colocação de preferência pelo decisor, obtendo uma taxa de substituição de 3%.

O candidato 1 obteve uma pontuação negativa, impactado **abaixo do nível Neutro** e os demais **acima do nível Neutro**. Essa pontuação negativa significa que o custo está **acima** da média dos cursos de especialização em Artes. Os candidatos 2 e 3 obtiveram pontuações iguais, **impactando no nível Neutro**, o que significa que os custos estão nos **máximos** toleráveis. Porém o candidato 3 apresentou um desempenho impactando **acima do nível Neutro**, significa que os

custos estão **dentro ou acima** do padrão desejável de um curso de especialização em Artes.

**PVF 9 – Tempo Previsto para Conclusão** ® Avalia se o **Candidato está Dentro do Prazo de Conclusão**. Foi o critério que ocupou a penúltima colocação de preferência pelo decisor, obtendo uma taxa de substituição de 5%.

Todos os candidatos obtiveram os desempenhos, **impactando no nível Neutro**, significando dizer que os candidatos pretendem regressar ao país dentro do prazo estabelecido pelo programa ApArtes.

#### 4.2.5.1 – Avaliação dos Candidatos Tecnicamente Empatados

Analisa-se os candidatos 1 e 2 que apresentaram pontuações próximas na avaliação global, sendo considerados **tecnicamente empatados** pelo decisor. Embora o candidato 2 tenha obtido uma pontuação de 5 pontos a mais, não significa que ele esteja bem mais preparado com relação ao candidato 1. Então, será analisado o potencial dos candidatos nos aspectos (critérios ou subcritérios) mais relevantes, segundo o ponto de vista do decisor. Essa análise será feita da seguinte forma:

- O decisor escolhe os aspectos mais **relevantes**;
- Observa-se o nível de impactação que cada candidato obteve;
- Verifica-se o esforço que cada candidato pode fazer para passar para o nível **Bom**;
- Aquele que precisar do menor esforço para passar para o **nível Bom** será o candidato com o melhor potencial.

O decisor, ao ser indagado sobre quais os aspectos relevantes para se fazer a análise, julgou que seria necessário avaliar os cinco aspectos de maior relevância, segundo seu juízo de valor e fez a ordenação da seguinte forma:

1. PVE 2.2.1.1– Menção ou Premiação na Área da Especialização;

2. PVE 1.3.2 – Comprometimento;
3. PVE 1.3.1 – Plano de Trabalho;
4. PVE 1.1.2 – Produção Artística;
5. PVE 5.1 – Reconhecimento Internacional na Área Demandada.

Para se tornar mais fácil o entendimento da análise, a Figura 63 mostra-se as avaliações locais e parciais dos quatro candidatos nos subcritérios. Os resultados foram obtidos das **seções 4.2.1 e 4.2.4.1**, conforme apresenta a Figura 63.

Continua

<b>Avaliação Local e Parcial dos Candidatos</b>								
<b>Critérios</b>	<b>Candidato 1</b>		<b>Candidato 2</b>		<b>Candidato 3</b>		<b>Candidato 4</b>	
	<b>Local</b>	<b>Parcial</b>	<b>Local</b>	<b>Parcial</b>	<b>Local</b>	<b>Parcial</b>	<b>Local</b>	<b>Parcial</b>
PVE 1.1.1 Vínculo Empregatício na Área	0	0	57	1,2	100	2,1	0	0
PVE 1.1.2 Produção Artística	100	1,4	100	1,4	0	0	100	1,4
PVE 1.2.1 Área da Especialização	-50	-0,4	100	0,8	0	0	100	0,8
PVE 1.2.2 Área Afim	-67	-0,3	-67	-0,3	-67	-0,3	-67	-0,3
PVE 1.2.3 Outra Área	-50	-0,1	-50	-0,1	-50	-0,1	-50	-0,1
PVE 1.3.1 Plano de Trabalho	100	2,3	100	2,3	100	2,3	100	2,3
PVE 1.3.2 Comprometimento	0	0	0	0	33	0,9	100	2,8
PVE 2.1 Perfil de Liderança	0	0	100	6,3	0	0	100	6,3
PVE 2.2.1.1 Menção ou Premiação na Área da Especialização	-75	-4,9	-75	-4,9	0	0	0	0



PVE 2.2.1.2 Menção ou Premiação em Outra Área	-50	-0,8	-50	-0,8	-50	-0,8	-50	-0,8
--	-----	------	-----	------	-----	------	-----	------

Continua

Avaliação Local e Parcial dos Candidatos								
Critérios	Candidato 1		Candidato 2		Candidato 3		Candidato 4	
	Local	Parcial	Local	Parcial	Local	Parcial	Local	Parcial
PVE 2.2.2.1 Área da Especialização	100	5,3	100	5,3	100	5,3	100	5,3
PVE 2.2.2.2 Outra Área	-50	-0,7	-50	-0,7	-50	-0,7	100	1,3
PVF 3.1 Ensino	0	0	0	0	0	0	0	0
PVF 3.2 Empresa	-100	-7,2	0	0	0	0	0	0
PVF 4 Retorno ao País	67	4,7	100	7	100	7	67	4,7
PVF 5.1 Reconhecimento Internacional na Área Demandada	225	23,4	100	10,4	0	0	225	23,4
PVF 5.2 Demanda de Estudantes e Trabalhos	100	5,6	100	5,6	40	2,2	100	5,6
PVE 6.1.1 Trabalhos Realizados na Área	100	5	100	5	100	5	180	9
PVE 6.1.2 Equipe de Trabalho	40	1,3	100	3,3	100	3,3	100	3,3
PVE 6.2.1.1 Internet	225	2,1	100	1	225	2,1	225	2,1
PVE 6.2.1.2 Telefônico	0	0	0	0	100	0,7	100	0,7
PVE 6.2.1.3 Pessoal	0	0	0	0	0	0	0	0

Continua

<b>Avaliação Local e Parcial dos Candidatos</b>								
<b>Critérios</b>	<b>Candidato 1</b>		<b>Candidato 2</b>		<b>Candidato 3</b>		<b>Candidato 4</b>	
	<b>Local</b>	<b>Parcial</b>	<b>Local</b>	<b>Parcial</b>	<b>Local</b>	<b>Parcial</b>	<b>Local</b>	<b>Parcial</b>
PVE 6.2.2 Interesse pelo Assunto da Especialização do Candidato	150	7,1	150	7,1	150	7,1	150	7,1
PVE 7.1.1 Disponibilidade ao Computador	0	0	50	0,5	0	0	50	0,5
PVE 7.1.2.1 Suporte de Informática	100	0,5	100	0,5	100	0,5	100	0,5
PVE 7.1.2.2.1 Acesso	100	0,5	100	0,5	100	0,5	100	0,5
PVE 7.1.2.2.2 Desenvolvimento	0	0	100	0,3	100	0,3	100	0,3
<b>PVE 7.2.1 Ambiente Adequado</b>	100	2,2	50	1,1	50	1,1	100	2,2
PVE 7.2.2 Sala para Estudo	100	1,8	100	1,8	25	0,4	150	2,6
PVE 7.3.1.1 Horário de Atendimento	162	1,2	100	0,8	38	0,3	100	0,8
PVE 7.3.1.2 Disponibilidade aos Equipamentos e Materiais	100	1,8	0	0	0	0	100	1,8
PVE 7.3.2.1 Equipamentos e Materiais Atualizados	200	3,4	200	3,4	200	3,4	200	3,4
<b>PVE 7.3.2.2 Variedades de Equipamentos e Materiais</b>	100	2,1	100	2,1	100	2,1	100	2,1
PVE 7.4.1.1 Atualização	100	0,4	67	0,3	67	0,3	167	0,7

Avaliação Local e Parcial dos Candidatos								
Critérios	Candidato 1		Candidato 2		Candidato 3		Candidato 4	
	Local	Parcial	Local	Parcial	Local	Parcial	Local	Parcial
PVE 7.4.1.2 Variedades	100	0,5	0	0	0	0	100	0,5
PVE 7.4.2.1 Via Internet	100	0,4	0	0	100	0,4	100	0,4
PVE 7.4.2.2 Via Pessoal	100	0,1	100	0,1	100	0,1	100	0,1
PVF 8 Custo Anual do Curso	-80	-2,4	0	0	100	3	0	0
PVF 9 Tempo Previsto para Conclusão	0	0	0	0	0	0	0	0

**Figura 63** – Descrição das avaliações locais parciais dos candidatos 1, 2, 3 e 4.

A Figura 63 mostra uma visão geral da avaliação nos subcritérios com os seus descritores dos quatro candidatos. Os cálculos operacionais da Figura 63 se encontram no **Apêndice B**.

Analisando-se os candidatos 1 e 2 nos aspectos de Menção ou Premiação na Área da Especialização, Comprometimento, Plano de Trabalho, Produção Artística, o decisor verificou que, nesses aspectos, também, os candidatos, tinham **resultados iguais**, conforme mostra a Figura 63:

#### **PVE 2.2.1.1– Menção ou Premiação na Área da Especialização :**

- Avaliação Local de (-75).
- Avaliação no PVE 2.2.1.1 de (-4,9);

#### **PVE 1.3.2 – Comprometimento**

- Avaliação Local de 0;
- Avaliação no PVE de 0.

No PVE 2.2.1.1, os candidatos têm uma avaliação abaixo do nível Neutro, enquanto no PVE 1.3.2, os candidatos têm uma avaliação no Nível Neutro. Para chegarem ao nível Bom, os dois candidatos precisarão do **mesmo esforço** para alcançar o nível desejado.

#### **PVE 1.3.1 – Plano de Trabalho**

- Avaliação Local de 100;
- Avaliação no PVE de 2,3.

#### **PVE 1.1.2 – Produção Artística**

- Avaliação Local de 100;
- Avaliação no PVE de 1,4.

Ambos os candidatos nos PVE 1.3.1 e PVE1.1.2, encontram-se no nível desejado, ou seja, foram impactados no nível Bom (nível de mercado).

Analisando-se os candidatos no aspecto de Reconhecimento Internacional na Área Demandada, o decisor verificou que os candidatos tinham **resultados diferentes**:

- **Candidato 1**

Avaliação Local de 225;

Avaliação no PVE de 23,4.

- **Candidato 2**

Avaliação Local de 100;

Avaliação no PVE de 10,4.

Os resultados acima mostram que o candidato 1 apresentou um desempenho **superior** tanto na avaliação local como na avaliação PVE, embora o candidato 2 não precisasse de nenhum esforço para alcançar o nível Bom, já que

estava impactado nesse nível. Já o candidato 1 apresentou uma impactação acima do nível Bom (nível de excelência), ou seja, uma **impactação acima do esperado**.

Com os resultados obtidos, o decisor já se deu por satisfeito e chegou à conclusão de que os candidatos apresentaram **potenciais iguais**. Todavia, o nível de qualidade do curso da especialização que o candidato 1 se propõe a fazer é **superior** ao curso da especialização do candidato 2. Segundo o decisor, mesmo que o candidato 1 tenha uma pontuação global menor que o candidato 2, ele preferiu o candidato 1.

#### 4.2.6 – Análise de Dominância

A análise de dominância auxilia na comparação entre alternativas (área de interesse, critério e subcritério), permitindo que se tenha uma visão geral das ações potenciais (candidatos) que dominam ou que são dominadas por outras. Normalmente, no gráfico da análise de dominância, faz-se uma análise da relação **custo x benefício** das ações (Goodwin e Wright, 1991). Assim, uma ação **domina** quando apresenta o **mesmo benefício** que as outras e um **custo menor** ou quando apresenta um **mesmo custo** que as outras ações, mas um **benefício maior** (Ensslin et al., 2000).

A ferramenta utilizada para se fazer análise de dominância é o programa (software) HIVIEW que constrói esses gráficos. Para se fazer uma análise de dominância dos candidatos ao programa *ApArtes*, o decisor escolheu os critérios **PVF 8 – Custo do Curso x PVF 5 – Avaliação do Curso**. Para efetuar análises, o PVF 5 tem os seguintes subcritérios:

- PVE 5.1 – Reconhecimento Internacional na Área Demandada;
- PVE 5.2 – Demanda de Estudantes e Trabalhos;

A seguir, traça-se um gráfico, onde o **eixo horizontal** representa a avaliação local dos candidatos em relação ao **PVF 8 – Custo do Curso** e o **eixo vertical** a avaliação local dos candidatos em relação ao **PVF 5 – Avaliação do Curso**. Para

acontecer a impactação dos candidatos no eixo vertical, é necessário **agrupar** todas as avaliações locais dos subcritérios PVE 5.1 e 5.2 que compõem PVF 5 para obter um resultado que represente da **melhor forma a atratividade** nesse critério. O programa HIVIEW operacionaliza todos esses cálculos, conforme mostra a Figura 64, (Ensslin et al., 2001).

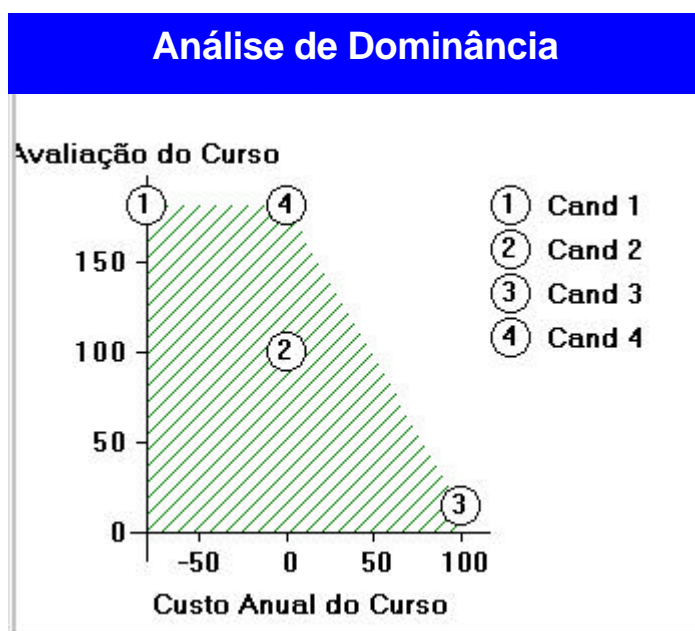


Figura 64 – Análise de dominância Custo X Avaliação do Curso.

Analisando-se o gráfico da Figura 64, os candidatos 1, 3 e 4 localizam-se na extremidade do gráfico (**fronteira eficiente**) (Goodwin e Wright, 1991). Esses candidatos são os que dominam o candidato 2 que se encontra no **interior**. Os candidatos da fronteira eficiente são considerados os que oferecem uma **melhor** relação de Custo do Curso x Avaliação do Curso.

A análise de dominância dos candidatos da fronteira foi realizada de forma:

- 1<sup>o</sup> – Priorizando a **Avaliação do Curso** (qualidade do curso) em relação ao Custo do Curso:
  - Curso do **candidato 1** → apresenta uma avaliação do curso boa, apesar de ter um custo do curso alto;

- Curso do **candidato 3**→ apresenta uma avaliação do curso fraca, apesar de ter um custo do curso muito baixo com relação aos demais candidatos;
- Curso do **candidato 4**→ apresenta uma avaliação do curso boa e tem um custo do curso mais baixo em relação ao candidato 1.

O decisor concluiu que o candidato 4 apresentou um curso de melhor desempenho com relação aos demais, enquanto o candidato 1 ficou em segundo lugar e o candidato 3 ficou em terceiro lugar.

- 2<sup>o</sup> – Priorizando a **Custo do Curso** em relação Avaliação do Curso:
  - Curso do **candidato 1**→ apresenta o maior custo do curso e tem uma avaliação do curso muito alta em relação aos candidatos 3 e 4;
  - Curso do **candidato 3**→ apresenta o menor custo do curso, apesar de a avaliação do curso a menor em relação aos demais candidatos;
  - Curso do **candidato 4** apresenta o custo do curso superior ao candidato 3 e inferior ao candidato 1 e tem uma avaliação do curso muito alta, igualando ao candidato 1.

O decisor concluiu que o candidato 3 apresentou o melhor custo, apesar de ter a pior avaliação do curso em relação aos demais, enquanto o candidato 4 ficou em segundo lugar e o candidato 1 ficou em terceiro lugar.

#### 4.2.7 – Análise de Sensibilidade

A Análise de Sensibilidade é usada para verificar se o modelo é **robusto** a alterações nas taxas de substituição nos critérios (Goodwin e Wright, 1991). Para verificar a robustez do modelo, é necessário que se façam pequenas alterações (em torno de 10%) nas taxas de substituição dos critérios. Depois, verificam-se as variações ocorridas nas pontuações (avaliações) globais das ações potenciais (candidatos). Se, com as pequenas alterações feitas, a maioria **permanecer igual** à



ordem das **avaliações globais** das ações potenciais, diz-se que o modelo é robusto. Caso contrário, o modelo não será robusto. Sendo assim, é necessária muitas vezes uma reavaliação das taxas de substituição dos critérios utilizadas, em último caso, saber até quanto (menos de 10%) se pode alterar as taxas para não haver grandes oscilações nas avaliações globais das ações potenciais (ver Ensslin et al., 2001).

Segundo Beinat (1995, p. 225), a Análise de Sensibilidade é **compulsória** em todos os modelos. Esta afirmação revela a importância atribuída a esta fase do processo de avaliação dada pelos pesquisadores. Esta análise permite que o decisor tenha um certo **grau de confiança** no seu modelo, como também, possa fazer alterações nas taxas de substituição dos critérios, tanto para mais ou para menos daqueles encontrados.

#### 4.2.7.1 – Robustez do Modelo à Variação das Taxas de Substituição

Os critérios são construídos de acordo com as preferências do decisor e depois quantificados (Taxas de Substituição) para serem entendidos como **aproximados**. As Taxas de Substituição estão dentro de um intervalo de valores representados no modelo por um ponto (valor). Daí a necessidade de **analisar a robustez do modelo**.

A Análise de Sensibilidade é feita pela Análise Numérica (algebricamente) e graficamente utilizando o *software* HIVIEW. A análise numérica pode tornar-se uma **tarefa muito árdua**, devido ao número de cálculos algébricos exigidos. Como também, fica mais difícil saber, a partir de que valor, essas taxas de substituição podem ser **alteradas** e manter o **modelo robusto** (Ensslin et al., 2001). Por isso, é melhor utilizar se de processos gráficos que permitem visualizar mais facilmente o valor a partir do qual o modelo se torna sensível à variação de parâmetro. De acordo com essas argumentações dadas, no caso de estudo, utiliza-se o software **HIVIEW**.

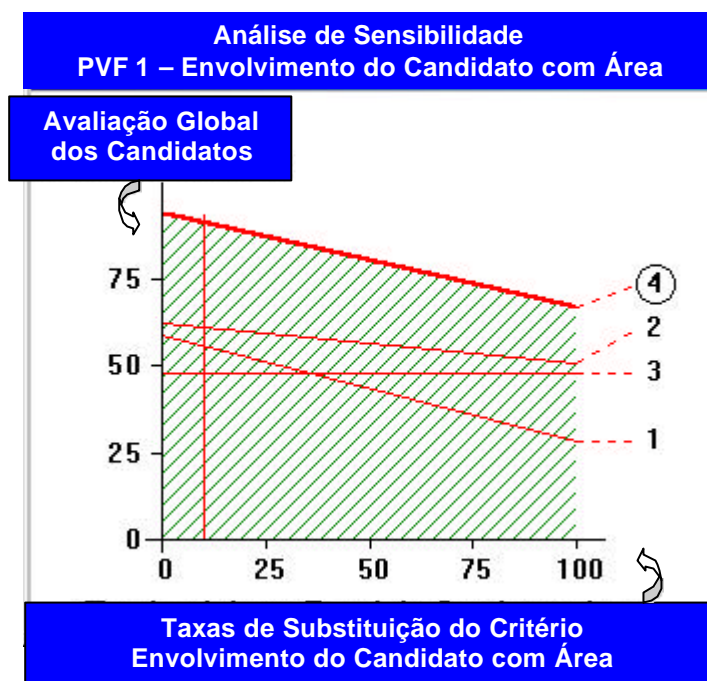
A Análise de Sensibilidade gráfica, feita pelo *software* HIVIEW, permite que se façam gráficos demonstrando as **alterações** que possam ocorrer na avaliação global em função das **variações** nas taxas de substituição dos critérios analisados. O eixo vertical (  $y$  ), representado pela **avaliação global** das ações potenciais (candidatos) e o eixo (  $x$  ), representado pelas **taxas de substituição** dos critérios do modelo.

As retas traçadas na parte superior do gráfico representam a variação da atratividade global (desempenho) das ações potenciais (candidatos), devido a alterações da taxa de substituição de um critério analisado. Destaca-se uma reta mais grossa que representa a **ação** potencial (candidato) cuja avaliação global é maior naquele valor da taxa de substituição do critério analisado, (ver Figura 65). A reta **vertical** significa o atual valor da taxa de substituição do critério analisado. Ela também permite analisar a **variação** feita na taxa de substituição, tanto para a esquerda como para a direita do gráfico. Pode se observar, ainda pelas retas se há **grandes alterações** na ordenação da pontuação global dos candidatos.

O decisor escolheu os critérios próprios para análise de sensibilidade e julgou poder haver alterações nas taxas de substituição com o decorrer do tempo. Por isso, gostaria de saber se o modelo é robusto nesses critérios:

- PVF 1 – Envolvimento do Candidato com Área;
- PVF 2 – Potencial Profissional;
- PVF 5 – Avaliação do Curso;
- PVF 6 – Qualificação e Interesse do Orientador;
- PVF 7 – Infra-estrutura.

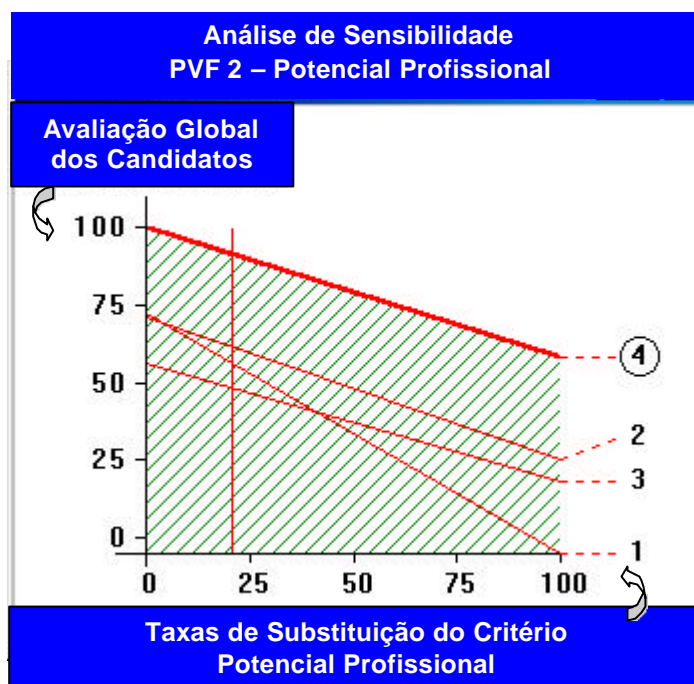
A Figura 65 mostra a sensibilidade do modelo no critério Envolvimento do Candidato com Área.



**Figura 65** – Análise de sensibilidade do modelo no PVF 1 – Envolvimento do Candidato com Área.

Analisando-se o gráfico da Figura 65, observa-se que, na **situação original**, o valor da taxa de substituição em 10% do critério Envolvimento do Candidato com Área, o candidato 4 apresenta melhor desempenho que os demais com uma avaliação global de 91 pontos. Variando-se as taxas de substituição entre 0% e 35% aproximadamente, **não se altera** a hierarquização dos candidatos. À medida que aumenta o valor dessa taxa acima de 35% aproximadamente, o candidato 3 supera o candidato 1, isto é, o candidato 3 aumenta o desempenho (aumenta a avaliação global), enquanto o candidato 1 diminui seu desempenho. Pode-se concluir que, variando-se o valor da taxa de substituição para -10% e par +10% **não se altera** a hierarquização dos candidatos. Em outras palavras, o modelo não se mostra sensível. O modelo é **robusto** nesse critério, sendo evidente que o candidato 4 apresenta um melhor desempenho em todas as situações, seguido pelo candidato 3.

A Figura 66 indica a sensibilidade do modelo no critério Potencial Profissional.



**Figura 66** – Análise de sensibilidade do modelo no PVF 2 – Potencial Profissional.

Analisando-se o gráfico da Figura 66, verifica-se que, na **situação original**, o valor da taxa de substituição em 21% do critério Potencial Profissional, o candidato 4 apresenta o melhor desempenho entre os demais. Variando-se as taxas de substituição entre 0% e 40% aproximadamente, **não se altera** a hierarquização dos candidatos. À medida que aumenta o valor dessa taxa acima de 40% aproximadamente, o candidato 3 supera o candidato 1, isto é, o candidato 3 aumenta o desempenho (aumenta avaliação global), mas o candidato 1 diminui seu. Pode-se concluir que, variando-se o valor da taxa de substituição de 21% para -10% e para +10% **não se altera** a hierarquização dos candidatos. Em outras palavras, o modelo não se mostra sensível. O modelo é **robusto** nesse critério. O candidato 4, mais uma vez, apresenta um melhor desempenho em todas as situações, seguido pelo candidato 2.

A Figura 67 demonstra a análise de sensibilidade do modelo no critério Avaliação do Curso.

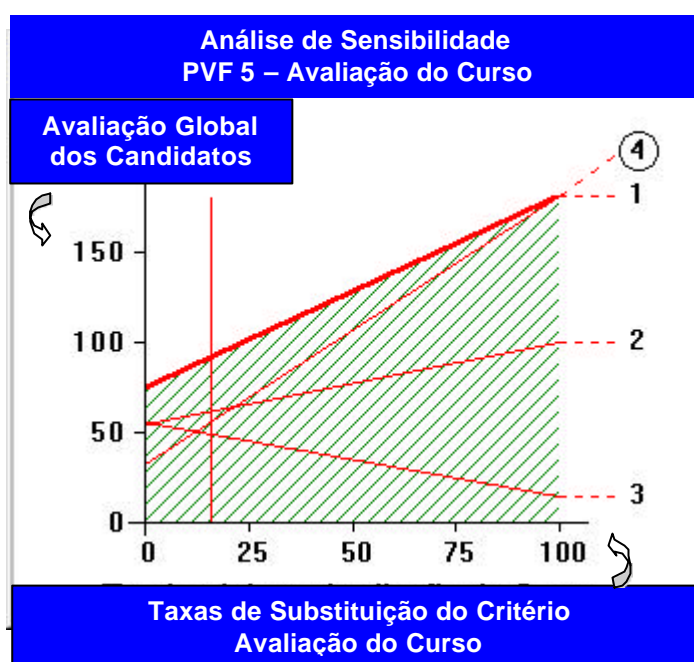
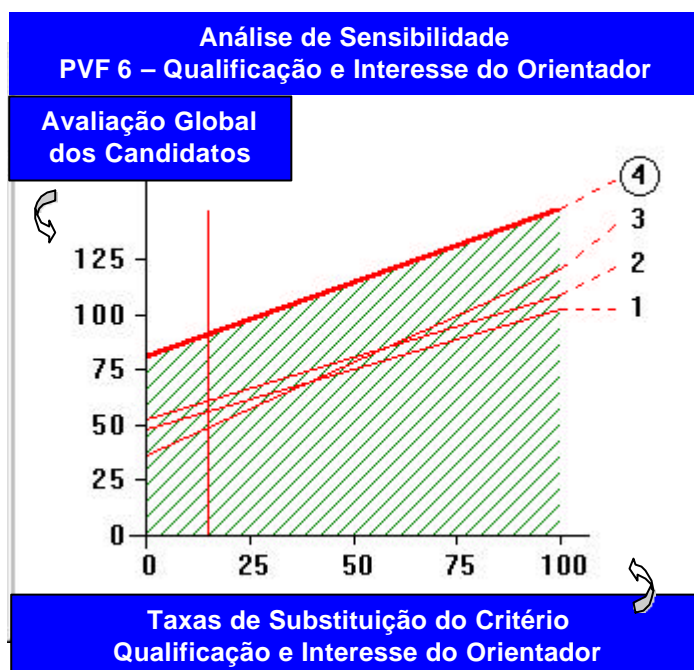


Figura 67 – Análise de sensibilidade do modelo no PVF 5 – Avaliação do Curso.

Analisando-se o gráfico da Figura 67, verifica-se que, na **situação original**, o valor da taxa de substituição em 16% do critério Avaliação do Curso, o candidato 4 apresenta o melhor desempenho dentre os demais. Variando-se as taxas de substituição entre 0% e 20% aproximadamente, **não se altera** a hierarquização dos candidatos. À medida que aumenta o valor dessa taxa, acima de 20% aproximadamente, o candidato 1 supera o candidato 3 e chega a igualar-se ao candidato 4. Explica-se: o candidato 1 aumenta seu desempenho (aumenta avaliação global) enquanto o candidato 3 diminui o seu. Portanto, conclui-se que, variando-se o valor da taxa de substituição de 16% para -10% e para +10%, **não se altera** a hierarquização dos candidatos, ou seja, o modelo não se mostra sensível. O modelo mostra-se **robusto** nesse critério. O candidato 4, mais uma vez, apresenta um melhor desempenho em todas as situações, seguido pelo candidato 1.

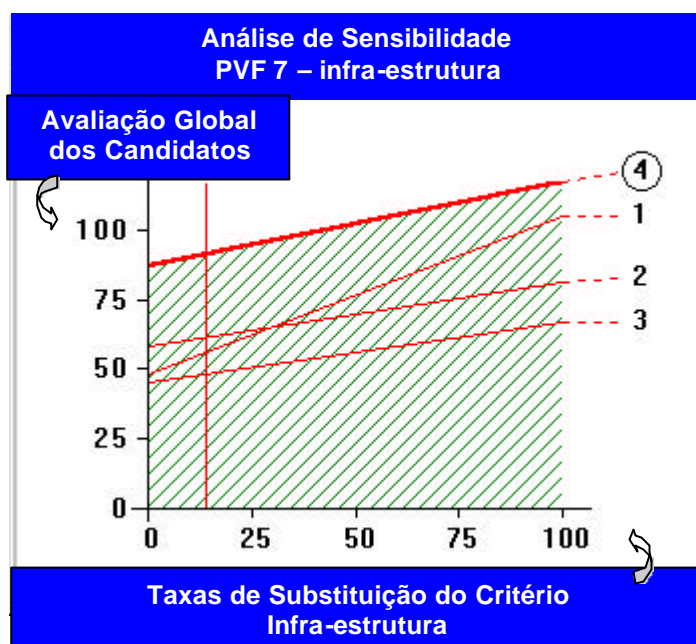
Na Figura 68, apresenta-se a análise de sensibilidade do modelo no critério Qualificação e Interesse do Orientador .



**Figura 68** – Análise de sensibilidade do modelo no PVF 6 – Qualificação e Interesse do Orientador.

O gráfico da Figura 68 mostra a taxa de substituição em 15% do critério Qualificação e Interesse do Orientador. Ainda assim, o candidato 4 tem melhor desempenho que os demais. Fazendo-se variar as taxas de substituição entre 0% e 35% aproximadamente, **não se altera** a hierarquização dos candidatos. Caso o valor dessa taxa aumente acima de 35% aproximadamente, o candidato 3 apresenta um melhor desempenho que o candidato 1; se for acima de 60% o candidato 3 supera o candidato 2. Assim, pode-se concluir que, mesmo havendo variação do valor da taxa de substituição para -10% e +10%, o modelo é **robusto** nesse critério.

A Figura 69 apresenta a sensibilidade do modelo no critério Infra-estrutura.



**Figura 69** – Análise de sensibilidade do modelo no PVF 7 – Infra-estrutura.

No gráfico da Figura 69, observa-se que para qualquer valor da taxa de substituição do critério Infra-estrutura, o candidato 4 permanece apresentando melhor desempenho que os demais. Variando-se as taxas de substituição entre 0% e 30% aproximadamente, **não se altera** a hierarquização dos candidatos. Aumentando-se esse valor da taxa acima de 30%, o candidato 1 apresenta melhor desempenho que os candidatos 2 e 3. Variando-se o valor da taxa de substituição original de 14% para -10% e para +10%, permanece **inalterada** a hierarquização dos candidatos. O modelo também se mostra **robusto** nesse critério.

Pela análise de sensibilidade, feita com os critérios descritos, pode-se concluir que:

Variando-se os valores das taxas de substituição em todos os critérios para -10% e para +10%, permanece **inalterada** a hierarquização dos candidatos;

Com exceção do critério Avaliação do Curso, a hierarquização dos candidatos nos demais critérios **só se altera** para valores das taxas de substituição acima de 30% a 45% aproximadamente;

O modelo não se mostrou sensível nos critérios. Portanto, pode-se concluir que o modelo é **robusto** nas circunstâncias propostas.

Com a conclusão da Análise de Sensibilidade, termina a fase da avaliação do modelo proposto em tese, ficando a etapa final, as recomendações e as sugestões para aplicação adequada do modelo e, também as sugestões para desenvolvimento de trabalhos futuros.



## PRESSUPOSTO TEÓRICO DO PROBLEMA DE ORDENAÇÃO

Em diversas etapas da aplicação da metodologia MCDA, confronta-se com o problema de obter-se uma **ordenação** de um conjunto de  $n$  alternativas que reflita as preferências manifestadas pelo decisor quando enfrenta a comparação de pares de alternativas. Este tipo de problema aparece nas seguintes instâncias da aplicação da metodologia MCDA (ver **seção 3.7.1.2** e **seção 4.1.1**):

- **Hierarquização** das ações em ordem de preferência dos descritores;
- **Ordenação** preferencial dos critérios.

Em ambos os casos, tal tarefa pode ser auxiliada, usando-se o método da **Matriz de Ordenação – Roberts**, que tem sido proposta pela literatura (Roberts, 1979). Os problemas se inserem na teoria da mensuração, já que se trata de medir uma característica subjetiva “as preferências de um decisor”. Portanto, optou-se aqui por fazer uma revisão bibliográfica da Teoria da Mensuração.

### 5.1 – Teoria da Medida

Segundo (Pasquali, 1996), a teoria da mensuração desenvolve uma discussão epistemológica em torno da utilização do símbolo matemático (o número) no estudo científico dos fenômenos naturais e sociais. Trata-se, portanto, de uma sobreposição, ou melhor, de uma interfase entre sistemas teóricos diferentes, tendo a teoria da mensuração a função de justificar e explicar o sentido que tal interfase possui.

A Matemática e a Ciência empírica são sistemas teóricos (ou de conhecimento) muito distintos e, em termos estruturais, não são comparáveis. Na verdade, os dois sistemas têm objetos e metodologias próprios, distintos e irreversíveis entre si. Pode-se discernir esta distinção na Figura 70.

Enfoque Epistemológico de Ciência e de Matemática						
Sistema Teórico	Objeto	Atitude	Metodologia	Verdade	Certeza	Critério de Verdade
Ciência (Empírica)	Fenômenos Naturais	Empírica	Observação e Controle	Fato	Relativa	Teste Empírico
Matemática	Símbolo Numérico	Transcendental	Dedução	Teorema	Absoluta	Consistência Interna do Argumento

**Figura 70** – Comparação epistemológica entre Ciência e Matemática (Pasquali, 1996)

Observa-se que, na Figura 70, em nenhum momento ou por nenhum critério, os dois sistemas se assemelham estruturalmente.

- A ciência tem como referencial ou objeto os fenômenos da realidade, ao passo que a Matemática estuda como objeto o símbolo numérico – que é um conceito e não uma realidade empírica e nem uma propriedade dessa realidade (Frege, 1984).
- A metodologia da Ciência é a observação sistemática e a da Matemática é a dedução.
- O critério de verdade para a Ciência é o teste empírico; para a Matemática, é a consistência interna do argumento.

Assim, no contexto da teoria da mensuração, vale dizer que o sistema científico do conhecimento nada tem a ver com a Matemática e vice-versa, pondo-se em pauta as estruturas epistemológicas dos dois saberes. O mesmo tipo de argumentação pode ser feito para a Ciência com relação aos outros sistemas de saber, nas Ciências Sociais e Humanas.

## 5.2 – Natureza da Medida

Apesar da distância epistemológica entre Ciência e Matemática, a Ciência empírica se percebeu das vantagens consideráveis que ela pode obter ao utilizar-se

da linguagem da matemática para descrever seu objeto próprio de estudo. Na verdade, se o modelo matemático não dita nem fundamenta o conhecimento científico, parece que é o uso desse modelo que vem possibilitando distinguir níveis de progresso no conhecimento científico (Pasquali, 1996).

O uso do número na descrição dos fenômenos naturais constitui o objeto da teoria da medida. Essa teoria que está razoavelmente axiomatizada, somente nas Ciências Físicas, aparecendo ainda lacunar nas Ciências Sociais e na do comportamento, em que aliás, discute-se a viabilidade epistemológica da própria medida.

A natureza da mensuração implica alguns problemas básicos, dentre os quais três devem ser mencionados (Luce; Suppes, 1986; Suppes; Zinnes, 1963; Campbell, 1928): **a representação, a unicidade e o erro.**

## **1) PROBLEMA DA REPRESENTAÇÃO OU O HOMOMORFISMO (ISOMORFISMO)**

O problema central da medida consiste em justificar a legitimidade de se passar de procedimentos e operações empíricos (a observação) para uma representação numérica desses procedimentos. É justificável designar ou expressar objetos ou fenômenos naturais e sociais com números? Sim, se nesta designação salvarem-se, tanto as propriedades estruturais do número quanto as características próprias dos atributos dos fenômenos empíricos. Trata-se do teorema da representação que, oportunamente, será enunciado e demonstrado (Pasquali, 1996).

## **2) PROBLEMA DA UNICIDADE DA REPRESENTAÇÃO**

O problema diz respeito ao fato de que uma representação "X" de um atributo natural deva ser a única viável e possível ou mesmo que a tal representação seja a mais adequada para descrever o atributo em questão. Assim, por exemplo, a massa das coisas não pode ser descrita melhor ou pode ser descrita somente em termos de peso, sempre expresso em quilogramas. Não haverá outra maneira possível de se

descrever a massa. O teorema da unicidade define o nível de escala de medida. Em outras palavras, ele define se a escala obtida será nominal, ordinal, de intervalo e de razão (Pasquali, 1996).

### 3) PROBLEMA DE ERRO

A observação dos fenômenos empíricos é sempre sujeita a erros devido tanto ao instrumental de observação (os sentidos e suas extensões por instrumentos tecnológicos) quanto às diferenças individuais do observador, além de erros aleatórios, sem causas identificáveis (Pasquali, 1996).

## 5.3 – Base Axiomática da Medida

Há legitimidade no uso do número na descrição dos fenômenos naturais e sociais se, e somente se, as propriedades estruturais do mesmo forem apresentadas neste procedimento.

São propriedades básicas do sistema numérico: **a identidade, a ordem e a aditividade** (Pasquali, 1996). A medida deve manter, pelo menos, as duas primeiras dessas propriedades – de preferência, as três.

A Matemática é um saber baseado em puras convenções. Assim, tanto o seu objeto (o número) quanto suas regras são convencionais. As propriedades básicas se caracterizam da seguinte forma:

#### 1) Identidade ( = )

É a propriedade que define o conceito de igualdade, isto é, um número é idêntico a si mesmo e somente a si mesmo. Ela apresenta três axiomas (postulados aceitos e não provados) que expressam a relação de **Igual a ( = )**:

- *Reflexiva*:  $a = a$  ou  $a \neq b$ . Números são idênticos ou são diferentes;
- *Simétrica*: se  $a = b$ , então  $b = a$ ;
- *Transitiva*: se  $a = b$  e  $b = c$ , então  $a = c$ . Duas coisas iguais a uma terceira

são iguais entre si.

## 2) Ordem ( $>$ )

Esta propriedade se baseia na desigualdade dos números. Todo número é diferente de outro. Assim, excetuando o caso de igualdade, os números podem ser colocados numa seqüência invariável ao longo de uma escala linear: seqüência monotônica crescente. Também tem três axiomas, que expressam **não igual a (  $>$  )**:

- *Assimétrica*: se  $a > b$ , então  $b \not> a$ . A ordem dos termos não pode ser invertida;
- *Transitiva*: se  $a > b$  e  $b > c$ , então  $a > c$ ;
- *Conectiva*: ou  $a > b$  ou  $b > a$ ;

Um quarto axioma é o de ordem-denso: números racionais são tais que, entre dois números inteiros quaisquer, há sempre um número racional; o intervalo entre dois inteiros não é vazio.

## 3. Aditividade ( $+$ )

Os números podem ser somados. Isto é, há as quatro operações: adição; subtração; multiplicação e divisão (as três últimas são redutíveis à primeira) que podem ser aplicadas aos números. Dois axiomas apresentam-se:

- *Comutativa*:  $a + b = b + a$ . A ordem dos termos não altera o resultado da adição;
- *Associativa*:  $(a + b) + c = a + (b + c)$ . A ordem de associação ou de combinação dos termos não afeta o resultado.

## 5.4 – Escalas de Medida

Como a medida consiste na atribuição de números às propriedades das coisas, segundo certas regras, ela deve garantir que as operações empíricas mantenham os axiomas dos números. Dependendo da quantidade de axiomas do número que a medida mantém, resultam vários níveis de medida: as chamadas

escalas de medida. Uma escala é um conjunto de números ou símbolos, atribuídos a um conceito particular que se quer medir (Bailey, 1982). Quanto mais axiomas do número a medida salve, isto é, quanto mais ela se aproxime da escala numérica ou métrica, maior será o homomorfismo entre o número e as operações empíricas. Pode-se considerar cinco elementos numéricos para definir o nível da medida: **identidade, ordem, intervalo, origem e unidade de medida**. Destes cinco elementos, os mais discriminativos são a origem e o intervalo, dado que a ordem é uma condição necessária para que realmente haja medida (Pasquali, 1996).

#### 5.4.1 – Escala Nominal

Quando o atributo a medir for uma característica qualitativa, a única escala de medida possível de usar-se é a escala nominal.

Tal escala classifica apenas as diversas categorias ou classes que a compõem. Deve haver pelo menos duas categorias distintas, sendo elas exaustivas e mutuamente exclusivas (Ensslin et al., 2001).

Os números atribuídos às categorias servem apenas para identificá-las. O número, neste caso, é uma etiqueta de uma classe de coisas.

A Figura 71 mostra um exemplo de uma escala nominal para identificar o estado civil atual de um grupo de pessoas.

Viúvo	—	1
Casado	—	2
Desquitado	—	3
Solteiro	—	4
Outros	—	5

Figura 71 – Ilustração de uma escala nominal.

A única característica do número mantida é a sua identidade, isto é, o número utilizado para uma operação empírica deve ser diferente do número de uma outra

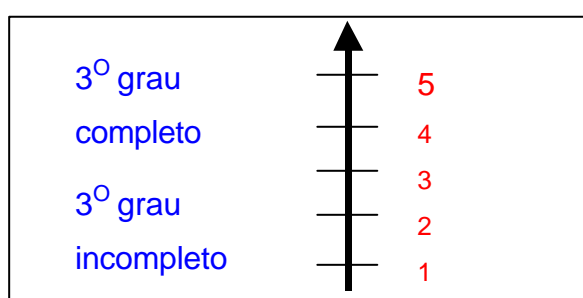
operação. Para tanto, o número é utilizado tão-somente como rótulo, a saber, um sinal diferente de outro, que poderia ser substituído por qualquer outro sinal – desde que diferentes entre si – sem a menor consequência para a medida. O rótulo nem precisaria ser um número. A única condição necessária é que se salguarde a identidade do símbolo.

Somente os **axiomas de identidade** são garantidos pela escala nominal; a operação propriamente não chega a ser medida, mas trata-se apenas de classificação. Obviamente não se pode realizar operações aritméticas com os números de uma escala nominal.

#### 5.4.2 – Escala Ordinal

Quando o atributo a medir for uma característica qualitativa, e as categorias em que se classifica o atributo possuir uma ordem, a escala de medida é ordinal. Da mesma forma que na escala nominal, as classes devem ser exaustivas e mutuamente exclusivas. Os números atribuídos às categorias além de distingui-las devem ordená-las (Pasquali, 1996).

A Figura 72 mostra um exemplo de uma escala ordinal para medir o nível educacional de um grupo de pessoas.



**Figura 72** – Ilustração de uma escala ordinal.

A escala para medir o grau de instrução deve atribuir números que respeitem a ordem das classes. Portanto, qualquer conjunto de números que respeitem a ordem das classes é uma escala válida para medir o nível de instrução. Assim, com

os números dessas escalas não se podem realizar operações aritméticas, pois eles só preservam os axiomas de identidade e ordem.

A maioria das medidas, ao menos em Ciências Humanas e Sociais, se dão por satisfeitas se puderem manter, pelo menos, os axiomas de ordem.

### 5.4.3 – Escala de Intervalo

A escala de intervalo, além de classificar (escalas nominais) e ordenar (escalas ordinais) as classes, também distingue a diferença de magnitude entre as categorias (Ensslin et al., 2001). A origem é fixada arbitrariamente. Não é natural, como no caso das escalas de temperatura Celsius e Fahrenheit, nas quais não só pode-se mudar o ponto 0 (origem), como também a unidade. A escala de intervalo mantém a identidade, a ordem e a aditividade.

### 5.4.4– Escala de Razão

A medida que salva todos os axiomas numéricos é a escala de razão. A origem é natural. Um exemplo deste tipo de escala é a massa de um corpo. Ela possui um zero fixo e natural, que significa ausência de massa. Pode-se mudar a unidade de medida, multiplicando-se por uma constante positiva, passando por exemplo de gramas a quilogramas, multiplicando-se por 1000. Chama-se de escala de razão porque as razões entre quantidades fazem sentido: é correto afirmar que um corpo é x vezes mais pesado que outro (Pasquali, 1996).

Em resumo, a Figura 73 ilustra como se originam as várias escalas de mensuração.

<b>Intervalo</b>	<b>Origem</b>		
		Não natural	Natural
	Não igual	ORDINAL	ORDINAL
	Igual	INTERVALAR	RAZÃO

**Figura 73** – Síntese das características de cada escala com relação à origem e ao intervalo



(Pasquali, 1996).

A Figura 74 sintetiza as características das escalas: nominal, ordinal, intervalo e razão.

### Características das Escalas Numéricas de Medida

Escola	Axiomas Salvos	Invariâncias	Liberdades	Transformações Admissíveis
Nominal	Identidade		Ordem Intervalo Origem Unidade	Permutação (troca 1 por 1)
Ordinal	Identidade Ordem	Ordem	Intervalo Origem Unidade	Monotônica Crescente $x \geq y \Leftrightarrow f(x) \geq f(y)$
Intervalo	Identidade Ordem Aditividade	Ordem Intervalo	Origem Unidade	Linear de tipo $f(x) = g(x) + b$ $g > 0$ e $b \neq 0$
Razão	Identidade Ordem Aditividade	Ordem Intervalo Origem	Unidade	Linear de tipo: $f(x) = g(x)$ $g > 0$

**Figura 74** – Síntese das características de cada escala adaptada de (Pasquali, 1996) e (Roberts, 1979).

## 5.5 – Formas de Medida

Distinguem-se os seguintes tipos de medida: **fundamental**, **derivada** e por **teoria** (indireta).

A **medida fundamental** apareceu nas primeiras etapas de desenvolvimento da Ciência, quando vários conceitos fundamentais foram medidos pela primeira vez. *Massa*, *temperatura* e *volume* são medidas fundamentais (Roberts, 1979). As medidas derivadas surgiram depois que alguns conceitos já tinham sido medidos e novas medidas foram definidas em função das já existentes. A densidade pode ser pensada como uma **medida derivada**, definida como massa dividida pelo volume. A

medida derivada é uma questão relativa. A mesma escala, como exemplo a densidade pode ser vista tanto como uma escala derivada como uma fundamental.

Há atributos da realidade, caso das Ciências Sociais que são mensuráveis somente com base em uma teoria. Recorre-se a uma teoria que hipotetiza relações entre os atributos da realidade, permitindo assim a **medida indireta** de um atributo por fenômenos a ele relacionados via teoria Roberts (1979), afirma que nas Ciências Sociais, a maior atividade presente pode ser categorizada como a procura por escalas apropriadas de medida para descrever o comportamento, ajudar em decisões, medir preferências etc.

Antes de começar a justificar a legitimidade da Matriz de Ordenação – Roberts pelo Teorema da Ordenação e os seus Corolários, como sendo o procedimento de **hierarquizar** as ações potenciais dos descritores e de **ordenar** os critérios numa relação **estritamente preferível** do decisor, é necessário definir procedimentos matemáticos para um melhor entendimento.

## 5.6 – Procedimentos Matemáticos

Definição 1:

Dados dois conjuntos A e B, não vazios, chama-se **produto cartesiano** de A por B o conjunto formado por todos os pares ordenados (x, y) com x em A e y em B. Simbolicamente, tem-se:

$$A \times B = \{ (x, y) \mid x \in A \text{ e } y \in B \}$$

↳ Lê-se: A cartesiano B

**Caso Específico:**  $A \times A = \{ (x, y) \mid x, y \in A \}$ .

Definição 2:

Dados dois conjuntos A e B, não vazios, chama-se **relação binária** de A em B todo subconjunto R de A x B. Simbolicamente, tem-se:

$$R \text{ é relação de A em B } \hat{=} R \hat{\subseteq} A \times B.$$

A definição deixa claro que toda relação é um conjunto de pares ordenados. Para indicar que  $(a, b) \in R$  usa-se a notação  $(a R b)$  quer dizer, **a** relaciona-se com **b** segundo R, se **a** não relaciona **b**, usa-se a notação  $(\sim a R b)$ . Os conjuntos A e B são denominados, respectivamente, conjunto de partida e conjunto de chegada da relação R.

### Caso Específico: **R é relação de A em A $\hat{=} R \hat{\subseteq} A \times A$ .**

Definição 3:

A Figura 75 mostra as definições das propriedades matemática das relações binárias.

<b>Propriedades das Relações Binárias</b>	
Uma Relação ( A, R ) pode ser:	Munida da(s) Propriedade(s)
Reflexiva	$a R a, \forall a \in A$
Simétrica	$(a R b) \Rightarrow (b R a), \forall a, b \in A$
Assimétrica	$(a R b) \Rightarrow (\sim b R a), \forall a, b \in A$
Anti-simétrica	$(a R b) \text{ e } (b R a) \Rightarrow a = b, \forall a, b \in A$
Transitiva	$(a R b) \text{ e } (b R c) \Rightarrow a R c, \forall a, b, c \in A$
Transitividade Negativa	$(\sim a R b) \text{ e } (\sim b R c) \Rightarrow \sim a R c, \forall a, b, c \in A$ ; equivalentemente: $x R y \Rightarrow x R z$ ou $z R y$ , $\forall x, y, z \in A$
<b>Relação de Equivalência</b>	Tem que ser reflexiva, simétrica e transitiva.

**Figura 75** – As relações binárias e suas propriedades matemáticas (Roberts, 1979).

Definição 4:

Sejam A e B dois conjuntos não vazios. Chama-se **função** de A em B uma relação **f** que associa a cada elemento x em A um único elemento y em B. Simbolicamente escreve-se:

$$f: A \rightarrow B$$

O conjunto A é chamado de **domínio** da função f e o conjunto B de **contradomínio**. Além disso, se  $x \in A$ , o elemento em B, que corresponde a x é chamado a **imagem** de x e é representado por  $f(x)$ . Portanto, o subconjunto  $f(A) \subset B$  tal que  $f(A) = \{f(x) \mid x \in A\}$  é chamado de **imagem** de A.

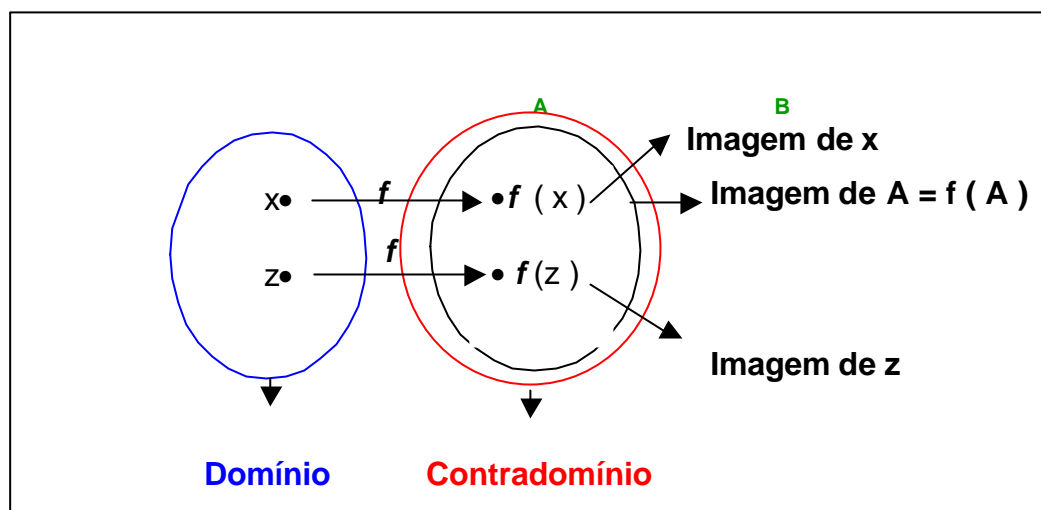


Figura 76 – Representação gráfica de uma função.

Definição 5:

Uma função  $f : A \rightarrow B$  diz-se **injetora** se, e somente se, dois elementos distintos quaisquer  $x$  e  $z$  de  $A$  tiverem sempre imagens também distintas pela  $f$ .

Em outras palavras, uma função injetora  $f : A \rightarrow B$  transforma elementos distintos de  $A$  em elementos também distintos de  $B$ . Simbolicamente escreve-se:

$$f \text{ é injetora} \Leftrightarrow (\forall x, z \in A \text{ e } x \neq z) \Rightarrow f(x) \neq f(z).$$

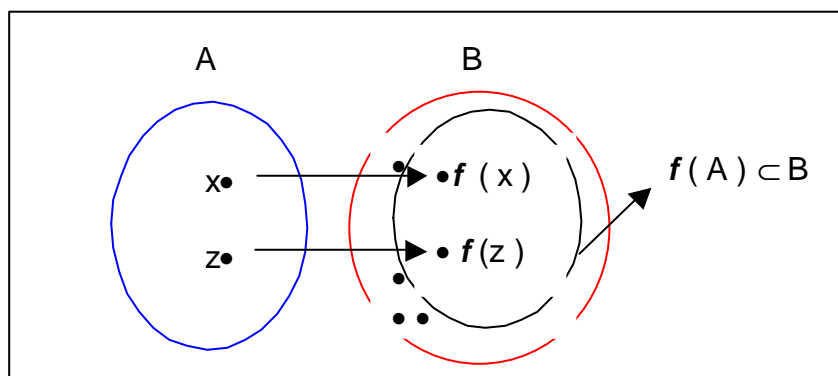


Figura 77 – Representação gráfica de uma função injetora.

Definição 6:

Uma função  $f : A \rightarrow B$  diz-se **sobrejetora** se, e somente se, todo elemento  $y$  de  $B$  estiver associado pelo menos a um elemento  $x$  de  $A$ . Em símbolo escreve-se:

$$f \text{ é sobrejetora} \Leftrightarrow (\forall y \in B) \Rightarrow (\exists x \in A \text{ e } f(x) = y).$$

Em outras palavras, a função  $f$  é sobrejetora se o conjunto imagem  $f(A)$

coincide com o contradomínio B, isto é,  $f(A) = B$ .

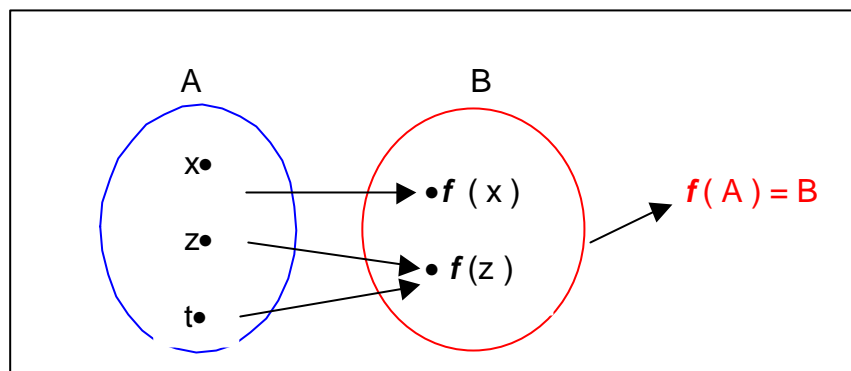


Figura 78 – Representação gráfica de uma função sobrejetora.

Definição 7:

Uma função  $f : A \rightarrow B$  diz-se **bijetora** se, e somente se,  $f$  for ao mesmo tempo sobrejetora e injetora.

Em outros termos, uma função  $f : A \rightarrow B$  diz-se **bijetora** se, e somente se, para todo  $y \in B$  existir um único  $x \in A$  tal que  $f(x) = y$ . Simbolicamente escreve-se:

$$f \text{ é bijetora} \Leftrightarrow (\forall y \in B) \Rightarrow (\exists! x \in A \text{ e } f(x) = y).$$

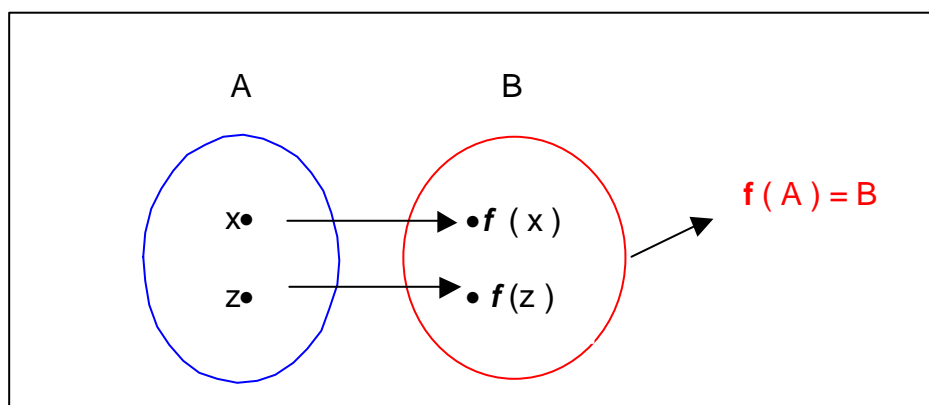


Figura 79 – Representação gráfica de uma função bijetora.

Definição 8:

Seja  $f : A \rightarrow B$  uma função bijetora, chama-se função **inversa** de A ou **imagem inversa** de B o conjunto formado por todos os elementos  $x$  de A que tiver imagens  $f(x)$  em B pela  $f$ . Em símbolo, escreve-se:

$$f^{-1}(B) = \{x \in A \mid f(x) \in B\}.$$

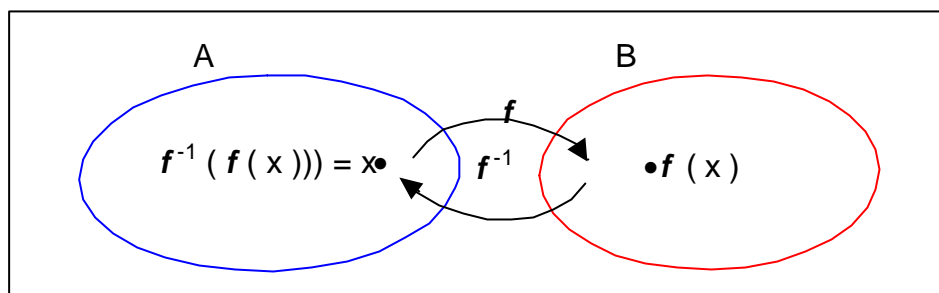


Figura 80 – Representação gráfica de uma função inversa.

Definição 9:

Seja  $A$  um conjunto não vazio. Chama-se **lei de composição interna** em  $A$  ou apenas **operação interna** em  $A$  toda função  $f: A \times A \rightarrow A$  do produto cartesiano  $A \times A$  em  $A$ .

Portanto, uma operação  $f$  em  $A$  faz corresponder a todo par ordenado  $(x, y)$  de  $A \times A$  um único elemento  $z$  por uma operação interna  $(*)$ . Para designar uma operação interna  $(*)$  num conjunto  $A$ , basta usar a notação  $(A, *)$ .

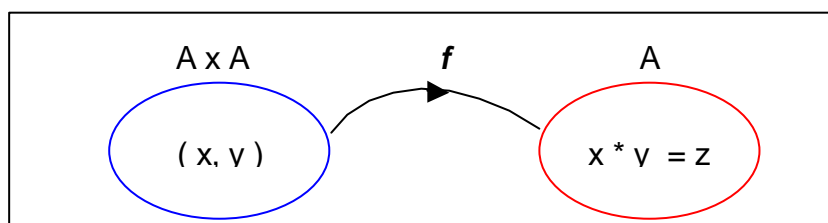


Figura 81 – Representação gráfica de uma operação interna em um conjunto  $A$ , feita pela função  $f$ .

O símbolo  $(*)$  foi usado como genérico, mas poderá ser qualquer outro símbolo.

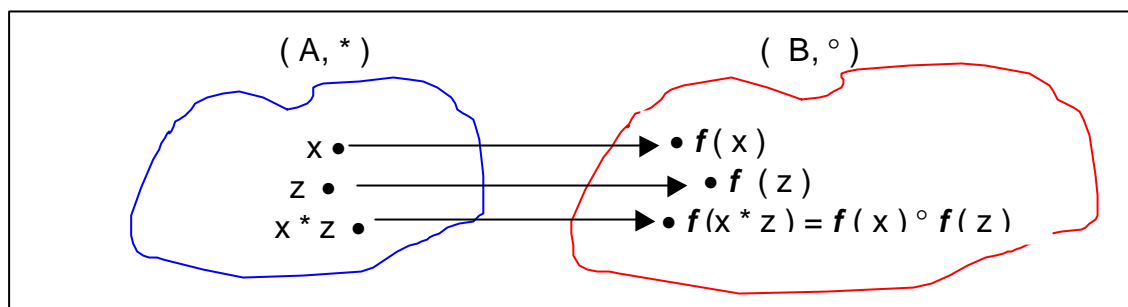
Definição 10:

Sejam  $A$  e  $B$  dois conjuntos não vazios munidos respectivamente das operações  $*$  e  $\circ$ , e seja  $f: A \rightarrow B$  uma função de  $A$  em  $B$ . Chama-se  $f: (A, *) \rightarrow (B, \circ)$  um **homomorfismo** se, e somente se,

$$\forall x, y \in A, f(x * y) = f(x) \circ f(y).$$

No homomorfismo, a função  $f: A \rightarrow B$  não pode ser ignorada. Em geral, é a

**existência** das operações que dão a esses conjuntos as estruturas definidas. O homomorfismo é definido exatamente para **preservar** as operações internas dos conjuntos, associando cada operação interna dos elementos de A com uma operação interna dos elementos de B através da função  $f$ .

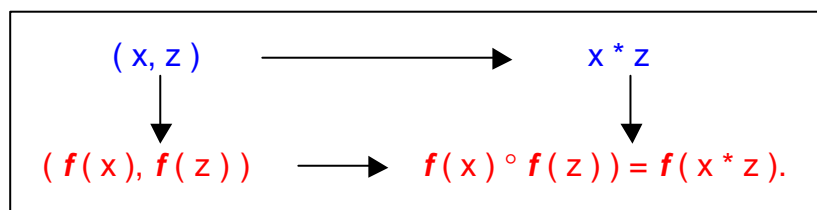


**Figura 82** – Representação gráfica de uma função homeomórfica..

A função  $f$  preserva as operações internas (estruturas) de cada conjunto

$$f(x * z) = f(x) \circ f(z), \forall x, z \in A.$$

Em outras palavras, quando se toma um par  $(x, z)$  qualquer em  $A \times A$ , obtém-se o par  $(f(x), f(z))$  em  $B \times B$  e quando se aplica a operação interna de  $x * z$  em A obtém-se a operação interna  $f(x) \circ f(z) = f(x * z)$  em B. Visualiza-se melhor pelo diagrama a seguir:



**Figura 83** – Outra forma de representação gráfica de uma operação interna em um conjunto A, feita pela função  $f$ .

Definição 11:

Sejam  $(A, *)$  em  $(B, \circ)$  conjuntos munidos de operações internas. Diz-se que uma função  $f: (A, *) \rightarrow (B, \circ)$  é um **isomorfismo** de A em B se, e somente se,

- $f$  é bijetora;
- $f$  é um homomorfismo.

O isomorfismo se aplica para função homeomórfica que admite inversa, necessariamente, a função tem que ser bijetora. Em outras palavras, o **isomorfismo** é uma função que relaciona os aspectos dos atributos da realidade empírica com uma das propriedades do número (identidade (=), ou de ordem (>), ou da aditividade (+)), “**relação de 1 para 1**”. Enquanto o **homomorfismo** pode ter uma “**relação de 2 para 1**” (identidade e de ordem  $\geq$ ).

## 5.7 – Representação de Medida Ordinal – Escala Ordinal

Far-se-á um breve estudo sobre o problema da representação da medida ordinal “**Escala Ordinal**”, para justificar a legitimidade de se passar de procedimentos e operações empíricas (as preferências de um decisor) para uma representação numérica desses procedimentos.

Apresentam-se as propriedades básicas (axiomas) do sistema numérico da escala ordinal, para expressar os objetos por números. Garantidas ficam as propriedades estruturais dos números e as características próprias dos critérios (as preferências do decisor). Em outras palavras, mostram-se as condições **necessária e suficiente** para garantir as propriedades estruturais dos números e as características dos critérios com a existência de um homomorfismo desejado.

Ilustra-se a escala ordinal que lida com o sistema relacional  $(A, P)$ , onde  $A$  é um conjunto finito de ações potenciais ou de critérios e  $P$  a relação binária que representa as preferências do decisor. Buscou-se uma função de valor real  $f$  que permite ordenar as ações potenciais, respeitando-se as preferências expressas pelo decisor pelas relações binárias, isto é,

$$(\forall a, b \in A), (a P b) \Leftrightarrow (f(a) > f(b)) \quad (1)$$

A expressão 1 lê-se “**a é preferível a b**” se, e somente se, a função de valor  $f(a)$  for maior que a função de valor  $f(b)$ .



Relembrando, que a Matriz de Ordenação – Roberts é uma matriz de ordem quadrada (número de linhas igual ao número de colunas), e se vale das condições (ver **secção 3.11.1**):

**Assimétrica:**  $\forall(a, b) \! a, b \in A \text{ se } (a P b) \Rightarrow \sim b P a$ ;

**Transitividade Negativa:**  $\forall(a, b, c) \! a, b, c \in A \text{ se } (\sim a P b) \text{ e } (\sim b P c) \Rightarrow \sim a P c$ .

A **expressão:**  $(\sim b P a)$ , lê-se “**b** não é preferível a **a**”, isto é,

$$(\sim b P a) \Leftrightarrow f(b) < f(a). \quad (2)$$

Para poder-se medir as preferências de uma pessoa com objetivo de produzir uma função de valor simplesmente, deve-se conferir se as preferências satisfazem ou não as condições de **assimetria e transitividade negativa**. Em geral, pode-se fazer isso com o experimento de comparação de pares. Para todo par de ações potenciais **a** e **b** em A, apresentam-se **a** e **b** e pede-se ao indivíduo que manifeste sua preferência. Apresentam-se os pares em uma ordem aleatória, e com os julgamentos dele definirem-se suas preferências. Então, faz-se a constatação de se a assimetria e a transitividade negativa são **satisfeitas** ou são **violadas**.

### 5.7.1 – Teorema da Matriz de Ordenação – Roberts e sua Aplicação

#### Teorema 1

Sejam  $(A, P)$  e  $(\mathbf{R}, >)$  sistemas relacionais, onde A é um conjunto finito de ações potenciais ou de critérios, P uma relação binária e  $\mathbf{R}$  um conjunto dos números reais munido da operação interna à relação de ordem ( $>$ ). Então existe uma função  $f: (A, P) \rightarrow (\mathbf{R}, >)$  tal que

$$(\forall a, b \in A), (a P b) \Leftrightarrow f(a) > f(b) \text{ ou } f(a P b) = f(a) > f(b) \quad (1)$$

se, e somente se,  $(A, P)$  é uma relação de ordem estritamente preferível (Roberts, 1979).

**Demonstração:**

(P) Mostrar-se-á que  $(A, P)$  é uma relação de ordem **estritamente preferível**.

Suponha-se que  $f: (A, P) \rightarrow (\mathbf{R}, >)$ , seja um homomorfismo tal que  $(a P b) \Leftrightarrow f(a) > f(b)$  ou  $f(a P b) = f(a) > f(b)$ , onde  $f(a)$  é a soma das ações potenciais  $y$  em  $A$  tal que  $a P y$ . Se  $(a P b)$ , então  $f(a) > f(b)$ , logo  $f(b) \leq f(a)$ , e portanto  $(\sim b P a)$ , e portanto, **assimetria** está satisfeita.

Se  $(\sim a P b)$  então  $f(a) \leq f(b)$  e  $(\sim b P c)$  então  $f(b) \leq f(c)$ . Como  $f(a) \leq f(b)$  e  $f(b) \leq f(c)$ , logo  $f(a) \leq f(c)$ , e portanto  $(\sim a P c)$ , a **transitividade negativa** está satisfeita. Pode-se concluir que  $(A, P)$  é uma relação de ordem **estritamente preferível**.

(Ü) Agora, mostrar-se-á que  $(a P b) \Leftrightarrow f(a) > f(b)$ , isto é, mostrar que  $f$  é um **homomorfismo**.

Reciprocamente, suponha-se que  $(A, P)$  seja uma relação de ordem estritamente preferível. Como  $(A, P)$  é de ordem estritamente preferível. Então, pela assimetria se,  $(a P b)$  segue-se que  $(\sim b P a)$ , logo pode-se dizer que o valor da soma das ações potenciais  $y$ , tal que  $a P y$  é maior que o valor da soma das ações potenciais  $y$ , tal que  $b P y$ , segue que  $f(a) > f(b)$ . Pela transitividade negativa, se  $(\sim a P b)$  e  $(\sim b P c)$  então  $(\sim a P c)$ . Logo, aplicando-se o mesmo argumento da assimetria conclui-se que  $f(a) \leq f(b)$  e  $f(b) \leq f(c)$ , então  $f(a) \leq f(c)$ . Portanto, pode-se afirmar que  $f$  preserva a estrutura  $(a P b) \Leftrightarrow f(a) > f(b)$  e que, se  $(\sim a P b)$  e  $(\sim b P c)$  então  $(\sim a P c) \Leftrightarrow (f(a) \leq f(b) \text{ e } f(b) \leq f(c))$  então  $f(a) \leq f(c)$ . Pode-se concluir que  $f$  é um **homomorfismo**.

### 5.7.2 – Aplicação da Matriz numa Relação Estritamente Preferível

O exemplo a seguir da Figura 42 da **seção 4.1.1** do estudo de caso mostra a aplicação da Matriz de Ordenação – Roberts, ou seja, aplicação do Teorema de Ordenação - Roberts 1, onde se cumprem os axiomas de ordem **estritamente preferível** e preserva a estrutura do **homomorfismo** da função de valor  $f$  na expressão

$(a \mathbf{P} b) \Leftrightarrow f(a) > f(b)$ , ou seja, ação **a** é preferível a **b** se, e somente se, a função de valor  $f(a)$  for maior que a função de valor  $f(b)$ .

<b>Matriz de Ordenação dos PVFs</b>											
	PVF 2	PVF 5	PVF 6	PVF 7	PVF 1	PVF 3	PVF 4	PVF 9	PVF 8	Som a	Ordem
PVF 2		1	1	1	1	1	1	1	1	8	1°
PVF 5	0		1	1	1	1	1	1	1	7	2°
PVF 6	0	0		1	1	1	1	1	1	6	3°
PVF 7	0	0	0		1	1	1	1	1	5	4°
PVF 1	0	0	0	0		1	1	1	1	4	5°
PVF 3	0	0	0	0	0		1	1	1	3	6°
PVF 4	0	0	0	0	0	0		1	1	2	7°
PVF 9	0	0	0	0	0	0	0		1	1	8°
PVF 8	0	0	0	0	0	0	0	0		0	9°

Figura 84 - Ordenação dos critérios em ordem decrescente, segundo a função de valor de referência.

Observe-se que a Figura 84 divide-se em dois blocos: bloco triangular **superior**, cujos elementos são iguais a 1 e bloco triangular **inferior**, cujos elementos são iguais a 0. Significa dizer, que se cumpriram os axiomas de assimetria e transitividade negativa. Observe-se também que o PVF preferível tem a função de valor maior, preservando-se a estrutura de homomorfismo.

Será mostrado algebricamente o Teorema de Ordenação – Roberts, considere:

Conjunto de critérios (PVFs)  $\rightarrow A = \{PVF1, PVF2, PVF3, PVF4, PVF5, PVF6, PVF7\}$ ;

Conjunto de preferências (Relação de Ordem) dos critérios  $\rightarrow P = \{(PVF2, PVF5), (PVF2, PVF6), \dots, (PVF2, PVF8), (PVF5, PVF6), (PVF5, PVF7), \dots, (PVF5, PVF8), (PVF6, PVF7), (PVF6, PVF1), \dots, (PVF6, PVF8), (PVF7, PVF1), (PVF7, PVF3),$

.....,(PVF7, PVF8), (PVF1, PVF3), (PVF1, PVF4),.....,(PVF1, PVF8), (PVF3, PVF4), (PVF3, PVF9), (PVF3, PVF8), (PVF4, PVF9), (PVF4, PVF8), (PVF9, PVF8)}.

Agora, provar-se-á que todos os pares do conjunto de preferências satisfazem os axiomas de assimetria e transitividade negativa:

### Assimetria

Se  $((PVF2)P(PVF5)) \Rightarrow ((\sim PVF5)P(PVF2))$  então  $(PVF5, PVF2) \notin P$ ;

Se  $((PVF2)P(PVF6)) \Rightarrow ((\sim PVF6)P(PVF2))$  então  $(PVF6, PVF2) \notin P$ ;

.....;

Se  $((PVF9)P(PVF8)) \Rightarrow ((\sim PVF8)P(PVF9))$  então  $(PVF8, PVF9) \notin P$ . Testando os demais pares de **P**, conclui-se que a **assimetria** é satisfeita.

### Transitividade Negativa

Se  $((\sim PVF6)P(PVF5))$  e  $((\sim PVF5)P(PVF2)) \Rightarrow (\sim PVF6)P(PVF2)$  então  $(PVF6, PVF2) \notin P$ ;

Se  $(\sim PVF7)P(PVF4)$  e  $(\sim PVF4)P(PVF2) \Rightarrow (\sim PVF7)P(PVF2)$  então  $(PVF7, PVF2) \notin P$ ;

.....;

Se  $(\sim PVF8)P(PVF9)$  e  $(\sim PVF9)P(PVF4) \Rightarrow (\sim PVF8)P(PVF4)$  então  $(PVF8, PVF4) \notin P$ . Testando-se para as demais ternas de **P**, conclui-se que a **transitividade negativa** é satisfeita.

Verificando-se que o critério **a** é preferível a **b**, então a função de valor do critério **a** é maior do que o critério **b**, isto é,  $a P b \Leftrightarrow (f(a) > f(b))$ , a função **f** preserva a estrutura (homomorfismo), observe:

$$(PVF2)P(PVF5) \Leftrightarrow f(PVF2) = 8 > f(PVF5) = 7;$$

$$(PVF5)P(PVF6) \Leftrightarrow f(PVF5) = 7 > f(PVF6) = 6;$$

.....;

$(PVF9)P(PVF8) \Leftrightarrow f(PVF9) = 1 > f(PVF8) = 0$ . Testando para todos os elementos **P**, conclui-se que **f** é um **homomorfismo**, isto é, **f** preserva a estrutura da expressão  $(a P b) \Leftrightarrow (f(a) > f(b))$ .

As interpretações para os axiomas de **assimetria** e **transitividade negativa** é que tais condições são **testáveis**, isto é, não podem ser **violadas** e têm que descrever quais as preferências pessoais do decisor a serem medidas. O facilitador indaga ao decisor, e pergunta-lhe se as preferências pessoais satisfazem ou não as condições. Poder-se-iam usar estes axiomas para definir racionalidade, pois um indivíduo que violar esses axiomas estará agindo irracionalmente. Realmente, o decisor apresentou uma violação da transitividade negativa e diria: "Oh, eu cometi um engano." Esta é a aproximação **prescritiva ou normativa** usada em teoria econômica. O Teorema de Ordenação – Roberts é usado para definir a classe de indivíduos para quem a teoria se aplica, denominado de **indivíduo racional**.

O Corolário 1, que será enunciado e demonstrado, tem como objetivo mostrar que a função  $f(x)$  da expressão  $(a P b) \Leftrightarrow f(a) > f(b)$  é a função de valor de preferência .

### Corolário 1

Sejam  $(A, P)$  e  $(R, >)$  sistemas relacionais, onde  $A$  é um conjunto finito de ações potenciais ou de critérios,  $P$  uma relação binária e  $R$  um conjunto dos números reais munido da operação interna à relação de ordem  $(>)$ . Então existe uma função  $f: (A, P) \rightarrow (R, >)$  tal que  $(\forall a, b \in A), (a P b) \Leftrightarrow f(a) > f(b)$  se, e somente se, a função de valor  $f$  é a soma das ações potenciais ou dos critérios  $y$  tal que  $(x R y)$  (Roberts, 1979).

### Demonstração:

(P) Pelo teorema 1 a função de valor  $f$  satisfaz a equação  $(a P b) \Leftrightarrow f(a) > f(b)$  e, que  $f(a)$  e  $f(b)$  são as somas das ações potenciais ou dos critérios  $y$  que  $(a P y)$  e que  $(b P y)$ , respectivamente.

(Ü) Pelo Teorema 1, a função de valor  $f(a)$  é a soma das ações potenciais ou dos critérios  $y$  tal que  $(a P y)$  e é maior que  $f(b)$  que é a soma das ações potenciais ou dos critérios  $y$  tal que  $(b P y)$ . Logo  $f(a) > f(b)$  se, e somente se,  $(a P b)$ .

O Corolário 2 que será enunciado e demonstrado, tem como objetivo mostrar que o modelo de avaliação de um decisor pode ter funções de valor de preferências iguais.

### Corolário 2

Sejam  $(A, P)$  e  $(\mathbf{R}, >)$  sistemas relacionais, onde  $A$  é um conjunto finito de ações potenciais ou de critérios,  $P$  uma relação binária e  $\mathbf{R}$  um conjunto dos números reais munido da operação interna à relação de ordem  $(\geq)$ . Então existe uma função

$$f: (A, P) \rightarrow (\mathbf{R}, \geq) \text{ que satisfaz } (a P b) \Leftrightarrow f(a) \geq f(b), (\forall a, b \in A), \quad (2)$$

se, e somente se, o sistema relacional  $(A, P)$  for uma relação preferível (Roberts, 1979).

### Demonstração:

(P) Suponha-se que a função de valor  $f$  satisfaça a equação 2. Pelo teorema 1 a função de valor  $f$  é um homomorfismo e, portanto, preserva a estrutura de ordem estritamente.

(U) Suponha-se que  $(A, P)$  seja uma relação de ordem preferível. Pelo teorema 1, a função de valor  $f$  preserva a estrutura de  $(a P b) \Leftrightarrow f(a) \geq f(b)$ , logo  $f$  é um homomorfismo.

Aplicação da Matriz de Ordenação – Roberts em MCDA para facilitar o processo da hierarquização dos níveis de impacto dos descritores e da ordenação dos critérios, segundo o juízo de valor do decisor que só atende a dois tipos de relações de ordem de preferências: **estritamente preferível** (Teorema 5.1) ou **preferível** (Corolário 5.2), mas ignora as demais relações de ordem de preferências. Em outras palavras, significa dizer que os axiomas de assimetria e transitividade negativa não podem ser **violados**. Caso aconteça, o decisor é obrigado a **refazer** para que se cumpram os axiomas.

Observou-se, na aplicação da Matriz de Ordenação – Roberts, que os decisores constantemente têm **violado** os axiomas, por não dominarem por

completo a utilização da aplicação dessa matriz. Mesmo assim, a assimetria e a transitividade negativa sendo violadas, a matriz define uma hierarquização dos descritores e a ordenação dos critérios.

### 5.7.3 – Discussão sobre a Violação dos Axiomas

A Figura 38 da **seção 3.11.1** e a Figura 44 da **seção 4.1.2** mostram o que pode acontecer quando o decisor, ao aplicar a matriz para obter a hierarquização dos níveis dos descritores e a ordenação dos critérios, respectivamente, ele **viola** a assimetria e a transitividade negativa.

Quando o decisor viola esses axiomas, ocorrem as seguintes conseqüências:

- **assimetria** ® a função de valor  $f$  permanece um **homomorfismo** que satisfaz, a expressão 5.2, isto é,

$$\left. \begin{array}{l} (a P b) \Leftrightarrow f(a) \geq f(b) \\ \text{e} \\ (b P a) \Leftrightarrow f(b) \geq f(a), \end{array} \right\} \Rightarrow f(a) = f(b)$$

Já que  $(a P b)$  (ação  $a$  é preferível ação  $b$ ) e  $(b P a)$  (ação  $b$  é preferível à ação  $a$ ), então, ação  $a$  é indiferente ação  $b$ , logo a função de valor  $f(a)$  é igual à função de valor  $f(b)$  (ver Figura 85).

- **transitiva negativa** ® a função de valor  $f$  deixa de ser um **homomorfismo**, isto é, as expressões 1 e 2,  $(a P b) \Leftrightarrow f(a) > f(b)$  ou  $(a P b) \Leftrightarrow f(a) \geq f(b)$ , nem sempre são **verdade**. Pode ocorrer de uma ação  $b$  ser preferível à ação  $a$ , mas a função de valor  $f(b)$  ser menor que a função de valor  $f(a)$ , ou seja,  $(b P a) \Leftrightarrow f(a) \geq f(b)$ ,  $(\forall a, b \in A)$ , (ver Figura 85).

A utilização da matriz para hierarquizar os níveis de impacto na construção do descritor: PVE 1.3 – Proposta de Trabalho, onde o decisor viola o axioma da assimetria.

Matriz de Ordenação – Roberts nos Níveis Impacto dos Descritores (Violação da Assimetria)																		
Combinações	C <sub>16</sub>	C <sub>15</sub>	C <sub>14</sub>	C <sub>13</sub>	C <sub>12</sub>	C <sub>11</sub>	C <sub>10</sub>	C <sub>9</sub>	C <sub>8</sub>	C <sub>7</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	Soma	Ordem
C <sub>16</sub>		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	1 <sup>o</sup>
C <sub>15</sub>	0		0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13	2 <sup>o</sup>
C <sub>14</sub>	0	0		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13	2 <sup>o</sup>
C <sub>13</sub>	0	0	0		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	3 <sup>o</sup>
C <sub>12</sub>	0	0	0	0		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	4 <sup>o</sup>
C <sub>11</sub>	0	0	0	0	0		0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	5 <sup>o</sup>
C <sub>10</sub>	0	0	0	0	0	0		1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	5 <sup>o</sup>
C <sub>9</sub>	0	0	0	0	0	0	0		1	1	1	1	1	1	1	1	8	6 <sup>o</sup>
C <sub>8</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0		1	1	1	1	1	1	1	7	7 <sup>o</sup>
C <sub>7</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	1	1	1	1	1	5	8 <sup>o</sup>
C <sub>6</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		1	1	1	1	1	5	8 <sup>o</sup>
C <sub>5</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		1	1	1	1	4	9 <sup>o</sup>
C <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	10 <sup>o</sup>
C <sub>3</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	10 <sup>o</sup>
C <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	10 <sup>o</sup>
C <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	10 <sup>o</sup>

Figura 85 – Apresentação da simulação da hierarquização das combinações possíveis dos PVE 1.3.1 e 1.3.2 quando o axioma da assimetria é violado.



A utilização da matriz para ordenar os critérios com objetivo de determinar as taxas de substituição, onde o decisor viola o axioma da transitividade negativa.

Matriz de Ordenação – Roberts nos Critérios											
	PVF 2	<b>PVF 5</b>	PVF 6	PVF 7	<b>PVF 1</b>	PVF 3	PVF 4	PVF 9	PVF 8	Som a	Ordem
PVF 2		1	1	1	1	1	1	1	1	8	1°
<b>PVF 5</b>	0		1	1	<b>0</b>	1	1	1	1	6	2°
PVF 6	0	0		1	1	1	1	1	1	6	2°
PVF 7	0	0	0		1	1	1	1	1	5	3°
PVF 1	0	<b>1</b>	0	0		1	1	1	1	5	4°
PVF 3	0	0	0	0	0		1	1	1	3	4°
PVF 4	0	0	0	0	0	0		1	1	2	5°
PVF 9	0	0	0	0	0	0	0		1	1	6°
PVF 8	0	0	0	0	0	0	0	0		0	7°

Figura 86 – Apresentação da simulação da ordenação dos critérios quando o axioma da transitividade negativa é violado.

As Figuras 85 e 86 mostram a violação dos axiomas em duas situações diferentes, mas podem ocorrer as violações dos dois axiomas simultaneamente em uma das situações mostradas.

Destaca-se, ainda que, mesmo com a violação dos axiomas, as matrizes das Figuras 85 e 86 definem uma hierarquização dos níveis de impacto do descritor e uma ordenação de critérios que é exatamente o **objetivo** da aplicação da Matriz de Ordenação – Roberts em MCDA.

Será provado algebricamente que toda matriz com as características das Figuras 85 e 86 estão violando os axiomas e as funções de valor  $f$  não é um

homomorfismo. Para provar que essas matrizes violaram a assimetria e a transitividade negativa, basta mostrar uma situação em que não se cumprem os axiomas.

Testando **assimetria**: Se  $(PVF\ 15)P(PVF\ 14)$  então  $(\sim PVF14)P(PVF15)$ . Ocorre, porém, que o decisor prefere tanto o PVF15 quanto o PVF14, contradizendo assimetria.

A função de valor  $f$  permanece um **homomorfismo**, pela Figura 85,  $(PVF\ 15)P(PVF\ 14)$  e  $(PVF\ 14)P(PVF\ 15)$  e tem-se  $f(PVF\ 15) = 13 = f(PVF\ 14)$ . Logo satisfaz a equação 3.2 do Corolário 3.2,  $(a P b) \Leftrightarrow f(a) \geq f(b)$  ou  $(b P a) \Leftrightarrow f(b) \geq f(a)$ .

Testando a **transitividade negativa**: Se  $(\sim PVF1)P(PVF7)$  e  $(\sim PVF7)P(PVF5)$ , então  $(\sim PVF1)P(PVF5)$ , mas ocorre o contrário  $(\sim PVF5)P(PVF1)$ , ou seja, o axioma foi violado.

A função de valor  $f$  é um **homomorfismo** pela Figura 86,  $(PVF1)P(PVF5)$ ; então,  $f(PVF1) > f(PVF5)$ , ocorreu o contrário  $f(PVF5) = 6 > f(PVF1) = 5$ , logo a função de valor  $f$  não é um homomorfismo, ou seja, **não preserva** a estrutura da expressão 5.1 do Teorema 5.1.

Quando os axiomas da assimetria e da transitividade negativa são violados, fato que ocorre com **freqüência**, quanto às preferências do decisor, há que se buscar outra forma de analisar essas situações.

**A contribuição teórica deste trabalho resume-se em apresentar soluções para esses tipos de problema, enquadrando tais casos em outro contexto decisório para validar a aplicação da Matriz de Ordenação – Roberts em MCDA quando os axiomas são violados.**

É necessário introduzir o conceito de **relações de subordinação** como uma nova forma de analisar esses casos, **introduzindo-se novos tipos de preferências** na aplicação da Matriz de Ordenação – Roberts quando o axioma é **violado**. Em outras palavras, deve-se ampliar a definição de preferências na aplicação da matriz.

## 5.8 – Conceitos de Subordinação

As relações de subordinação foram desenvolvidas na década de 60 por Roy (1996) para solucionar problemas reais, em que o modelo de preferência de um decisor, não necessariamente, tem uma descrição de preferência claramente definida. Isto ocorre devido a vários fatores (Roy, 1997):

- Existe na mente do decisor uma **zona de incertezas, conflitos e contradições** ao emitir opiniões sobre o sistema de preferências;
- **Qualidade vagamente** definida das ações pelo decisor;
- **Imprecisão, incerteza e determinação inexata** ao comparar duas ações;
- O facilitador, ao construir o modelo, **ignora**, parcialmente, a forma como o decisor compara duas ações.

Para estes casos, existe um **intervalo de indeterminação** (Bana e Costa e Vincke, 1995) onde o decisor tem dúvidas ao comparar duas ações potenciais.

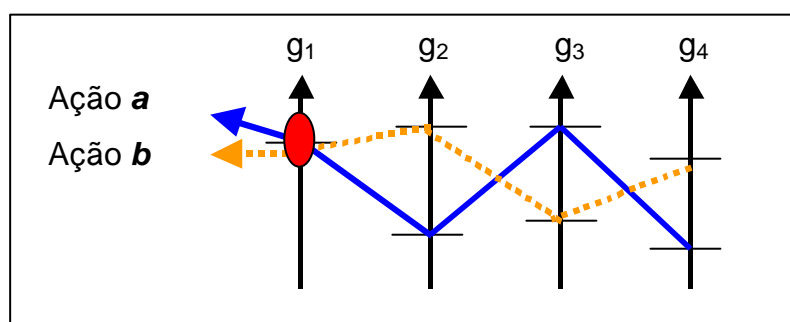
### 5.8.1 – Notações Preliminares e Definições

Para um entendimento melhor sobre a abordagem das relações de subordinação, é necessário definir alguns conceitos (Roy, 1990b):

- Seja A um conjunto finito de ações potenciais ou de critérios. As ações não são necessariamente exclusivas, isto é, elas podem ser executadas em operação conjuntamente;
- Às vezes, os elementos de um conjunto A são eles próprios conjuntos, por exemplo, o conjunto de todos os subconjuntos de A. A fim de evitar a expressão “conjunto de conjunto”, é comum denominar-se de família de conjunto ou classe de conjunto;

- Uma família  $F$  de  $n$  critérios  $g_j$ . Isto significa que as preferências dos decisores envolvidos no processo decisório são formadas, argumentadas e transformadas de acordo com seus pontos de vista e são representadas pelos critérios  $g_j$  de  $F$ ;
- Sejam ' $a$ ' e ' $b$ ' duas ações potenciais. Chama-se **relação de subordinação**  $S$  toda relação, segundo o ponto de vista do decisor, quando **ação  $a$  subordina a ação  $b$**  em um critério  $i$ , ou seja, ação ' $a$ ' é pelo menos tão boa quanto ação ' $b$ ' no critério  $i$ , ou seja, a  $S_j b$ . Equivalentemente, dizer que "a ação  $a$  não é pior que a ação  $b$ " (Roy, 1990, p. 326).

Sejam  $g_j(a)$  e  $g_j(b)$  os desempenhos das ações  $a$  e  $b$  nos critérios, respectivamente, como mostra a Figura 5.5, onde no critério 1 as duas ações  $a$  e  $b$  estão muito próximas e o decisor pode ter dúvida sobre as suas preferências nesse critério.



**Figura 87** – Ilustração de uma relação de subordinação no critério  $g_1$ .

Se  $g_1(a) \geq g_1(b)$ , significa que ação  $a$  subordina ação  $b$  ou ação  $a$  é pelo menos tão boa quanto ação  $b$ , é dita uma **relação de subordinação**.

Aplicação da Matriz de Ordenação – Roberts em MCDA, requer que o decisor não tenha dúvidas a respeito de suas preferências em relação ao desempenho das ações em todos os critérios  $i$ .

Em situações reais em MCDA, o decisor pode ter **incerteza** sobre suas preferências em um determinado critério  $g_j$ , e ficar em **dúvida** entre duas das três condições que podem surgir (Roy, 1990):

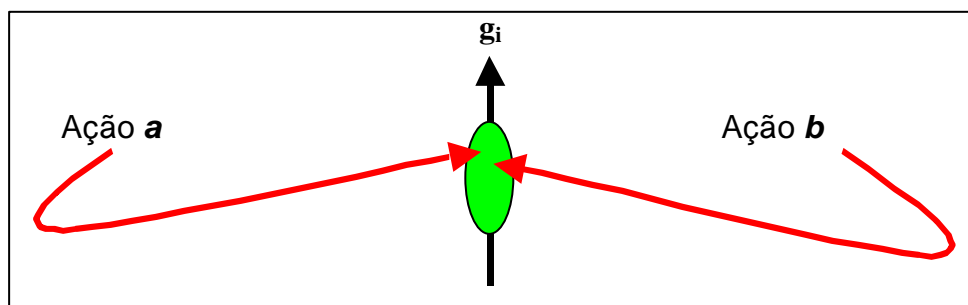
- (a I<sub>j</sub> b): '**a**' é **indiferente** a '**b**' (a é tão atrativo quanto b), quando  $g_j(a) = g_j(b)$ , mesmo que,  $g_k(a) \neq g_k(b)$ ,  $\forall j \neq k$ ;
- (a P<sub>j</sub> b): '**a**' é **estritamente preferível** a '**b**' (a é mais atrativo que b), quando  $g_j(a) = g_j(b)$  se, a diferença  $g_k(a) - g_k(b)$  é suficientemente significativa,  $\forall j \neq k$ ;
- (b P<sub>j</sub> a): '**b**' é **estritamente preferível** a '**a**' ('**b**' é mais atrativo que '**a**'), quando  $g_j(b) = g_j(a)$  se, a diferença  $g_k(b) - g_k(a)$  é suficientemente significativa,  $\forall j \neq k$ .

Outra forma de apresentar as relações de indiferente e de estritamente preferível associando-se as funções de valor **f**:

- (a I b): **a** é **indiferente** a **b**  $\Leftrightarrow f(a) = f(b)$ ;
- (a P b): **a** é **estritamente preferível** a **b**  $\Leftrightarrow f(a) > f(b)$ ;
- ou
- (b P a): **b** é **estritamente preferível** a **a**  $\Leftrightarrow f(b) > f(a)$ .

### 5.8.2 – Limiar de Indiferença

Na prática, é compreensível que o decisor defronte-se com situações, em que a diferença entre duas ações não seja suficientemente elevada para permitir distinguir uma diferença preferencial entre seus desempenhos, como mostra a Figura 88.

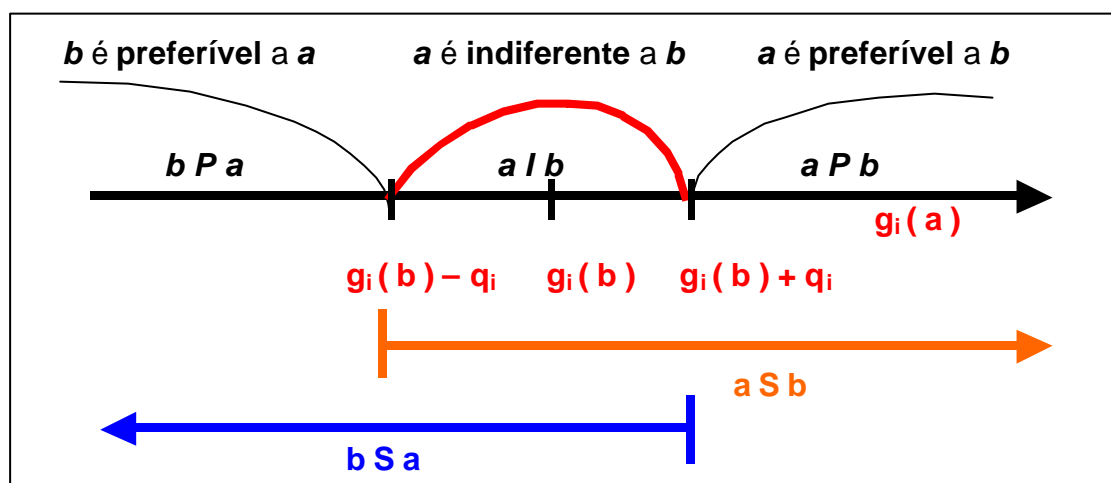


**Figura 88** – Ilustração de uma zona de hesitação entre a indiferença e a preferência entre duas ações.

Na Figura 88, apresenta-se uma zona de **hesitação** entre a **indiferença** e a **preferência**, denominada de **Limiar de Indiferença** entre duas ações com relação a um critério quando a diferença de suas performances ( $g_j(a) - g_j(b)$ ) “nem é tão pequena para justificar uma diferença e nem tão grande para corresponder a uma preferência claramente estabelecida” (Roy, 1989, p.156).

A Figura 89 ilustra que o conceito de **limiar de Indiferença**  $q_i$ , é um número real positivo entre a **indiferente** e a **preferência estrita**, associada ao critério  $g$ , que satisfaz as condições seguintes (Buchanan, et al., 1999):

- $(a I_i b)$ : **a é indiferente a b**  $\Leftrightarrow |g_i(a) - g_i(b)| \leq q_i$ ;
- $(a P_i b)$ : **a é estritamente preferível a b**  $\Leftrightarrow g_i(a) > g_i(b) + q_i$ ;
- $(a S_i b)$ : **a subordina a b**  $\Leftrightarrow g_i(a) \geq g_i(b) - q_i$ .



**Figura 89** – Representação de uma relação de subordinação com seus valores de limiar de indiferença (adaptado de Vanderpooten, 1997).

Na Figura 89, mostra-se o eixo dos possíveis valores que a performance da ação **a** pode assumir no  $i$ -ésimo critério com relação a ação **b**. Observe-se que, se o valor de  $g_j(a)$  estiver no intervalo entre  $g_j(b) - q_j$  e  $g_j(b) + q_j$ , então a ação **a** é **indiferente** a ação **b**, isto é,  $a I b$ . Se o valor  $g_j(a)$  for maior que  $g_j(b) + q_j$ , então a ação **a** é **preferível** que ação **b**, isto é,  $(a P b)$ . Nestes dois casos, a ação **a** é **pelo menos tão boa quanto** a ação **b**, isto é,  $(a S b)$ . O mesmo raciocínio se aplica para  $(b S a)$ .

### 5.8.3 – Limiar de Preferência

Existe um ponto no qual o tomador de decisão muda da situação de **indiferença** a **preferência estrita**. Conceitualmente, existe uma boa razão para introduzir uma **zona de transição** entre a indiferença e a preferência, ou seja, uma **zona intermediária**, em que o decisor tem dúvida entre a **preferência** e a **indiferença**. Esta zona de hesitação é a relação de **preferência fraca** (Buchanan, 1999).

De acordo com os tipos de dúvidas que o decisor possa ter, definem-se dois tipos de relações preferenciais ( Roy, 1997):

#### **Preferência Fraca** → Relação **Q**

- (a **Q<sub>i</sub>** b) ( **a** é preferível fracamente a **b**): a dúvida está entre (a **I<sub>i</sub>** b) e (a **P<sub>i</sub>** b) (o decisor não considera b **P<sub>i</sub>** a);
- (b **Q<sub>i</sub>** a) ( **b** é preferível fracamente a **a**): a dúvida está entre (b **I<sub>i</sub>** a) e (b **P<sub>i</sub>** a) (o decisor não considera a **P<sub>i</sub>** b).

#### **Incomparabilidade** → Relação **R**

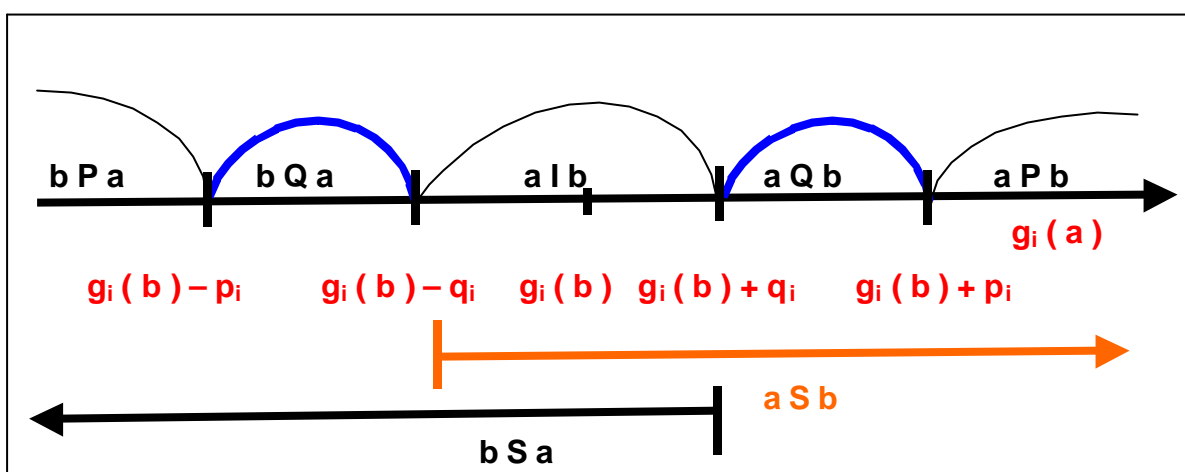
- (a **R<sub>i</sub>** b) (**a** é incomparável a **b**): a dúvida está entre (a **P<sub>i</sub>** b) e (b **P<sub>i</sub>** a) (o decisor é incapaz de comparar as duas ações no critério i).

A relação **incomparabilidade** não pode ser confundida com a relação de **indiferença**. Entre as ações **a** e **b** não existe uma evidência clara em favor da ação **a** ou da ação **b** (Buchanan, 1999).

A zona de **hesitação** entre a **preferência fraca** e a **preferência estritamente** é denominada de **limiar de preferência**. Em outras palavras, o decisor tem uma preferência com relação a uma ação (preferência estritamente). Aos poucos, começa a ter dúvida sobre essa preferência (preferência fraca). Portanto, a fronteira entre as duas preferências é denominada de **limiar de preferência**.

A Figura 90 mostra que o conceito de **limiar de preferência**  $p_i$  é um número real positivo entre a **preferência estrita** e **preferência fraca**, associada ao critério  $g_j$ , que satisfaz as condições seguintes (Buchanan, 1999):

- $(a I_i b)$ : **a é indiferente a b**  $\Leftrightarrow |g_j(a) - g_j(b)| \leq q_j$ ;
- $(a Q_i b)$ : **a é preferível fracamente a b**  $\Leftrightarrow q_j < g_j(a) - g_j(b) \leq p_j$ ;
- $(a P_i b)$ : **a é estritamente preferível a b**  $\Leftrightarrow g_j(a) > g_j(b) + p_j$ ;
- $(a S_i b)$ : **a subordina a b**  $\Leftrightarrow g_j(a) \geq g_j(b) - q_j$ .



**Figura 90** – Representação da relação de subordinação com seus valores de limiar de indiferença e limiar de preferência (adaptado Vanderpooten, 1997).

Na Figura 90, mostra-se o eixo dos possíveis valores que a performance da ação **a** pode assumir no  $i$ -ésimo critério  $g_j$  com relação ação **b**. Observe-se que, se o valor de  $g_j(a)$  estiver no intervalo entre  $g_j(b) + q_j$  e  $g_j(b) + p_j$ , então a ação **a** é **preferível fracamente** à ação **b**, isto é, **a Q b**. Em outras palavras, o valor do critério  $g_j(a)$  está na **zona de transição**. O mesmo raciocínio se aplica para **b Q a**.

Em resumo, a Figura 91 mostra as definições de preferências e suas propriedades matemáticas, isto é, relacionam-se as preferências de um decisor, segundo seu juízo de valor, para legitimar esses procedimentos preferências.



Situação	Definição	Relação Binária (propriedades)
Preferência Indiferente	Corresponde à existência de razões claras e positivas que justificam uma <b>equivalência</b> entre as duas ações.	<b>I</b> : relação simétrica.
Preferência Estrita	Corresponde à existência de razões claras e positivas que justificam uma <b>preferência significativa</b> em favor de uma (identificada) de duas ações.	<b>P</b> : relação assimétrica e transitividade negativa.
Preferência Fraca	Corresponde à existência de razões claras e positivas que <b>impedem a preferência estrita</b> em favor de uma (identificada) de duas ações "a" e "b" onde: $a P b$ e $b P a$ .	<b>Q</b> : relação assimétrica.
Preferência Incomparável	Corresponde à <b>ausência</b> de razões claras e positivas que justifiquem uma das três situações precedentes.	<b>R</b> : relação simétrica.

**Figura 91** – Definições das relações de preferências com as propriedades matemáticas (Ben Mena, 2000, p. 87).

#### 5.8.4 – Conclusões sobre Relações de Subordinação

A introdução dos conceitos de **relações de subordinação** leva a situações matematicamente embaraçosas, mas contempla as realidades humanas. A abordagem baseada na **preferência estrita** (comparabilidade estrita) tem recebido várias críticas (Bem Mena, 2000):

- Ignora o fato que a **indiferença** não é assimétrica;
- Esquece que mesmo a **preferência fraca** não é necessariamente transitiva negativa.

Os exemplos das Figuras 85 e 86, com aplicação de Matriz de Ordenação – Roberts, mostram claramente essas situações, quando o decisor não tem uma **preferência estrita**. O decisor violou a assimetria quando preferiu tanto o (PVF15) e como o (PVF14). O mesmo aconteceu com a transitividade negativa quando o decisor preferiu (PVF1) **P** (PVF5), em vez de (PVF5) **P** (PVF1).

Então, podem-se enquadrar essas situações de violação nas **relações de subordinação** da seguinte forma:

- Quando ocorre a violação da **assimetria** e o decisor não tem uma **preferência** com relação às ações que estão sendo comparadas, significa que ele tem uma relação de **indiferença** na qual se cumpre o axioma de simetria ( $a P b$ ) e ( $b P a$ ) (**a** é preferível a **b** e **b** é preferível a **a**);
- Quando ocorre a violação da **transitividade negativa**, com o decisor não tendo uma **preferência bem definida** com relação às ações que estão sendo comparadas, significa que ele tem uma relação de **preferência fraca**, onde se cumpre o axioma de assimetria ( $a P b$ ) então ( $\sim b P a$ ) (**a** é preferível a **b** então **b** não é preferível a **a**).

É possível concluir-se que na aplicação da Matriz de Ordenação – Roberts em MCDA nos casos de violação, ao realizarem-se as comparações preferenciais, pressupõe-se a existência de **relações de subordinação** entre as ações.

A ordenação da função de valor pode existir para um tomador de decisão sem satisfazer a condição de transitividade negativa (Bazilai, 2001).

O axioma da transitividade negativa é suficiente, porém, não uma condição necessária para a existência da função de valor. De acordo com tal afirmação, foi possível construir um **teorema** e demonstrá-lo.

Agora será feita a expansão da definição 12 (Matriz de Ordenação – Roberts) (ver **secção 5.7**) de uma **relação de ordem estritamente preferível** para **relações de subordinação**.

### 5.8.5 – Incorporação das Relações de Subordinação na Matriz de Ordenação - Roberts

A Matriz de Ordenação – Roberts será **expandida** de uma relação estritamente preferível (ver **secção 3.11.1**) para as relações de subordinação como mostra a definição 12, permanecendo as demais regras as mesmas da **secção 3.11.1**.

Definição 12:

Seja  $A$  um conjunto finito de ações potenciais ou de critérios e seja  $P$  uma relação de ordem. O sistema relacional  $(A, P)$  é denominado **relações de subordinação** se satisfizer as seguintes condições:

**Preferência Estrita:**

**Assimétrica:**  $\forall(a, b)! a, b \in A$  se  $(a P b) \Rightarrow \sim b P a$ ;

**Transitividade Negativa:**  $\forall(a, b, c)! a, b, c \in A$  se  $(\sim a P b)$  e  $(\sim b P c) \Rightarrow \sim a P c$ .

**Preferência Indiferente:**

**Assimétrica:**  $\forall(a, b)! a, b \in A$  se  $(a P b)$  e  $(b P a)$  ou  $(\sim a P b)$  e  $(\sim b P a)$ .

**Preferência Fraca:**

**Simétrica:**  $\forall(a, b)! a, b \in A$  se  $(a P b) \Rightarrow \sim b P a$ .

O teorema que será enunciado e demonstrado tem como objetivo evidenciar que, embora a relação de transitividade negativa seja violada, a função de valor  $f(x)$  mantém uma **ordem de preferência**.

**Teorema 2 – Quirino**

Sejam  $(A, P)$  e  $(R, \geq)$  sistemas relacionais, em que  $A$  é um conjunto finito de ações potenciais ou de critérios;  $P$  uma relação de ordem de **preferência fraca** e  $R$  um conjunto dos números reais munido da operação interna à relação de ordem  $(\geq)$ . Então existe uma função de valor  $f: (A, P) \rightarrow (R, \geq)$  definida por  $f_i(x) = \sum c_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$  tal que,  $(\sim a P_i b) \Leftrightarrow f_i(a) \leq f_i(b)$  e  $(\sim b P_i c) \Leftrightarrow f_i(b) \leq f_i(c)$  então função de valor  $f_i(x)$  **mantém a relação de ordem**  $f_i(a) \leq f_i(b) \leq f_i(c)$ .

**Demonstração:**

Suponha que  $(A, P)$  seja uma relação de ordem fraca. Então, pela assimetria, se  $(b P_i a)$  segue que  $(\sim a P_i b)$ ; logo, por hipótese, pode-se dizer que  $f_i(a) \leq f_i(b)$ , isto é,  $f_i(a)$  é o valor da soma das ações  $y$  em  $A$  tal que  $(a P y)$  e é menor que  $f_i(b)$  que é o valor da soma das ações  $y$  em  $A$  tal que  $(b R y)$ . O mesmo acontece para  $(\sim b P_i c) \Leftrightarrow f_i(b) \leq f_i(c)$ . Logo, pela relação de ordem natural se  $f_i(a) \leq f_i(b)$  e  $f_i(b) \leq f_i(c)$ , então, pode-se concluir que  $f_i(a) \leq f_i(c)$  independente se  $(\sim a P_i c)$  ou  $(a P_i c)$ .

### 5.8.6 – Conclusão do Capítulo

Na Matriz de Ordenação – Roberts usa-se a medida de escala ordinal, onde se cumprem os axiomas de **assimetria** e **transitividade negativa**. Neste caso, diz-se que as preferências do decisor estão no contexto de **preferência estrita**, isto é, o decisor tem que ser um indivíduo racional, não pode violar os axiomas. Essa racionalidade do decisor se encaixa na teoria prescritiva ou normativa, utilizada na teoria econômica.

Em outra situação da aplicação da Matriz de Ordenação – Roberts, o decisor **viola** os axiomas da assimetria e da transitividade negativa. Ainda assim, a Matriz mantém uma **ordenação** de preferência, fazendo surgir a pergunta:

- Como validar a aplicação da Matriz respeitando-se as preferências do decisor neste contexto?.

Foram introduzidos os conceitos de **relações de subordinação**, fundamentando novas relações de preferências, onde os axiomas da assimetria e da transitividade negativa podem ser relaxados, validando assim, a aplicação da Matriz em MCDA.

Em seguida, foi construído um **teorema** para mostrar que a Matriz mantém uma hierarquização dos níveis dos descritores e uma ordenação dos critérios, mesmo que a transitividade negativa seja violada.

Finalmente, pode-se concluir que a Matriz de Ordenação – Roberts, aplicada na Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão é um método **apropriado** para realizar a hierarquização da preferência dos níveis dos descritores e a ordenação dos critérios, por meio de comparações par-a-par das ações fictícias em três situações:

- **Preferência Estrita** onde se cumprem os axiomas de **assimetria** e **transitividade negativa**;
- **Preferência Indiferente** onde se cumpre o axioma de **simetria**;
- **Preferência Fraca** onde se cumpre o axioma de **assimetria**.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 6.1 – Conclusões

Este trabalho propôs, de acordo com o objetivo principal da pesquisa, estabelecido inicialmente, uma solução para o problema surgido quando da aplicação da Matriz de Ordenação – Roberts em MCDA se os axiomas da assimetria e da transitividade negativa são violados. Isto ocorre quando o decisor não tem uma **preferência claramente definida**. A matriz é usada para **hierarquizar** os níveis de impacto dos descritores para construir uma escala ordinal e, conseqüentemente, determinar o desempenho local das ações avaliadas e de **ordenar** os critérios para construir as taxas de substituição, além de facilitar a avaliação global das ações avaliadas. Como no Capítulo 5 foram introduzidos novos conceitos de **relações de subordinação** dentro do MCDA para resolver esses problemas, ficou claro que as relações de subordinação são formadas por três **relações de preferência**:

- **Indiferente** quando o decisor não tem preferência entre duas ações comparadas;
- **Fraca** quando o decisor tem uma ligeira preferência entre uma das ações comparadas;
- **Estritamente** quando o decisor tem a certeza de preferência entre uma das ações comparadas.

O problema da violação dos axiomas de assimetria e transitividade negativa foi solucionado, enquadrando-se a Matriz de Ordenação – Roberts numa **Preferência Indiferente e a Preferência Fraca**, respectivamente, onde o decisor não tem uma **preferência claramente definida** e os axiomas **podem ser violados**.

Surgem assim, **novos axiomas** que as preferências indiferente e fraca se cumprem: **reflexiva** e **assimétrica**, respectivamente.

Além de ter alcançado o objetivo principal do trabalho proposto foi construído um **Teorema** para demonstrar que a Matriz de Ordenação – Roberts, mesmo que a transitividade negativa seja **violada**, mantém a **hierarquização** nos níveis de impacto dos descritores e a **ordenação** nos critérios.

## 6.2 – Objetivos Atingidos

O objetivo geral proposto no presente trabalho foi **atingido**, com os pressupostos teóricos mostrados no Capítulo 5 que deram embasamento teórico para entendimento do problema da aplicação da Matriz de Ordenação – Roberts e de encontrar o caminho para solucionar o problema, **validando**, assim, o método da aplicação da matriz quando os axiomas são violados.

Todos os objetivos específicos foram alcançados da seguinte forma:

- Capítulo 2 → foi mostrada a importância e a escolha da MCDA para construir um modelo de avaliação;
- Capítulos 3 e 4 → apresentou-se a teoria sobre as Metodologias de Multicritérios de Apoio à Decisão - MCDA. Ao mesmo tempo, foi construído um modelo que **contempla** os problemas da matriz de Ordenação – Roberts. O modelo foi desenvolvido da seguinte forma:

- **Apresentação** da metodologia MCDA para construção do modelo multicritério de avaliação para selecionar candidatos à bolsa de estudos para aperfeiçoamento em Artes no exterior, este programa denominado de *ApArtes*;
- **Identificação** dos atores envolvidos (decisores) com o programa *ApArtes*. Em seguida, foi explicado aos decisores o **propósito** do trabalho e os **objetivos** a que se pretendia chegar;

- **Estruturação** do estudo de caso, utilizando-se a ferramenta do mapa cognitivo para identificar todos os aspectos considerados relevantes ao processo de avaliação dos candidatos pelos decisores, segundo seus juízos de valor. Deste modo, estava construída a **árvore de valor** e o modelo estava estruturado;
  - **Avaliação**, iniciada com a construção das funções de valor para cada descritor tendo uma representação matemática com a escala cardinal e o gráfico cujo objetivo foi determinar o perfil de impacto dos candidatos avaliados. Em seguida, foram determinadas as taxas de substituição dos critérios e subcritérios para construir o modelo de avaliação para determinar a avaliação global dos candidatos;
  - **Análise dos resultados** usou *software* HIVIEW para realizar uma análise mais detalhada dos resultados obtidos sobre os candidatos.
- Capítulo 5 → introduzidos os conceitos de **relações de subordinação** como forma de resolver os problemas da violação dos axiomas.

### 6.3 – Vantagens da Utilização da Metodologia MCDA

A grande vantagem da utilização da metodologia MCDA, como ferramenta para construção de modelos de avaliação, é a abordagem **construtivista** porquanto os indivíduos envolvidos no contexto decisório participam ativamente do processo de aquisição de conhecimento para entender o problema, usando o modelo construído, segundo seus juízos de valor. Em geral, a metodologia MCDA pode ser usada com vantagens para:

- Os decisores adquirirem uma visão mais **realista** de como avaliar candidatos à bolsa de estudo no exterior;
- Propiciar uma **unificação** de entendimento do problema entre os decisores;



- Tornar mais **rápido** o entendimento adquirido do problema com um especialista (facilitador) em MCDA;
- Gerar **conhecimento** do problema de avaliar candidatos à bolsa de estudo no exterior por meio do conhecimento com a aplicação da metodologia MCDA;
- O modelo construído **possibilita** aos decisores propor uma política de aperfeiçoamento ao programa *ApArtes*, mediante as análises dos resultados obtidos.

Em termos práticos, a metodologia **MCDA** mostrou ser útil na aplicação para a avaliar candidatos, pela forma como se aplica a metodologia já que todos envolvidos na problemática participam ativamente na construção do modelo. Tal procedimento faz com que os decisores tenham **melhor entendimento** do problema e, conseqüentemente, uma solução mais adequada.

#### 6.4 – Limitação na Utilização da Metodologia MCDA

As limitações surgidas com o desenvolvimento das atividades no modelo construído na aplicação da metodologia MCDA foram as seguintes:

- O levantamento das informações para construção do mapa cognitivo é bastante **cansativo** para os decisores devido à sua subjetividade e ao tempo gasto para identificar e validar os aspectos relevantes ao contexto;
- Após a construção da árvore de valor, percebeu-se que alguns critérios foram bem detalhados enquanto outros não. Então, precisou-se discutir mais com os decisores para melhorar os detalhes desses critérios;
- Na construção dos descritores houve muita discussão entre os decisores a respeito da ancoragem dos níveis de impacto Neutro e Bom. Foi preciso fazer **várias simulações** com as ancoragens em vários níveis para se chegar a uma decisão;

- Durante a construção das Taxas de Substituição houve por parte dos decisores muita discussão sobre o valor que cada critério e sub-critério deveria ter. Essa etapa foi uma das mais demoradas. Foi preciso realizar **várias reuniões** para se chegar a um consenso.

## 6.5 – Sugestões para Pesquisas Futuras

Uma vez estabelecidas as conclusões e limitações do trabalho, seguem-se algumas sugestões de procedimentos para novas e futuras pesquisas visando à praticidade e à facilitação da aplicação da Metodologia MCDA. Tais sugestões pretendem, principalmente, **superar as deficiências** encontradas quando se envolvem problemas complexos com muitos decisores.

### 6.5.1 – Sugestões para Aplicação da Metodologia MCDA

- Identificar as pessoas que realmente estejam **envolvidas** com o problema e estejam dispostas a participar de todas as etapas da construção do modelo, evitando-se assim, um atraso no desenvolvimento das atividades de pesquisa;
- Para a construção do modelo, é fundamental que o facilitador procure **ler** a respeito de assunto relacionado ao problema a ser estudado para ter dele um entendimento melhor para evitar diálogo ou discussão de assunto fora do contexto decisório;
- Explorar ao máximo, em reunião com os decisores, todos os **aspectos relevantes** para construção do mapa cognitivo, evitando-se assim, os retornos constantes para reajustes das atividades concluídas;

- Discutir com **detalhamento** as descrições dos descritores, para impedirem-se as alterações constantes, como também a incorporação de novos níveis para evitar o retardamento do desenvolvimento do trabalho;
- Na construção das Taxas de Substituição para os critérios e subcritérios, sugere-se que se façam **simulações** com ações potenciais, mostrando-se os impactos locais nos critérios. Sugere-se também que se realize avaliação global das ações para evitar que se façam alterações nas taxas de substituição. Quando se perceber, em outra etapa do desenvolvimento das atividades que as taxas de substituição são inadequadas para o seu modelo, que sejam alteradas.

### 6.5.2 – Sugestões para Utilização do Modelo Construído

O estudo de caso representa um modelo que reflete um nível de conhecimento, percepção, valores e preferências dos decisores em um determinado **momento**. Com o decorrer do tempo ou com **passar** do uso do modelo, é necessário fazerem-se algumas **implementações**, com as novas necessidades que vão surgindo de acordo com os juízos de valor dos decisores, a saber:

- Todo comitê acadêmico-artístico envolvido no processo de seleção dos candidatos à bolsa de especialização em Artes no exterior – *ApArtes* precisa **conhecer** esse modelo de avaliação para que possa usar como uma ferramenta necessária à obtenção de informações gerais sobre os candidatos. Assim, o comitê terá mais subsídio para selecionar os candidatos ao programa *ApArtes*;
- O modelo, por ser um trabalho **pioneiro** nessa área, envolve uma série de **desconhecimentos** de aspectos relevantes não percebidos antes. Então, todas as vezes que se for aplicá-lo, é necessário que seja **revisto** pelo comitê acadêmico-artístico para que se possam **implementar**, eventualmente, novos aspectos relevantes que já deveriam ter sido considerados.

- O modelo não pode ser aplicado, **indiscriminadamente**, em outras situações de seleção de candidatos, pois diferem do contexto decisório em que o modelo foi desenvolvido. Pode, porém, servir de **exemplo** para que se construam novos modelos a cada programa da CAPES. O modelo foi construído dentro de um contexto decisório em um determinado momento, segundo os juízos de valor dos atores envolvidos no problema, por isso, é denominado modelo **personalizado**.

## 6.6 – Sugestões para Futura Pesquisa Teórica

O problema da violação da transitividade negativa foi solucionado, enquadrando-se a Matriz de Ordenação – Roberts numa relação onde o decisor tem uma **preferência fraca**. A sugestão para nova pesquisa é **mensurar o grau** da **preferência fraca** do decisor, aplicando-se uma nova teoria na metodologia MCDA, *Fuzzy Theory* (Teoria Difusa).

Para finalizar, espera-se que este trabalho de Tese proporcione a todos aqueles que se mostrem interessados em ler, um entendimento da metodologia MCDA e a **abertura** de novas fronteiras de pesquisa nessa área.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ACKERMANN, F.; EDEN, C.; CROPPER, S. Getting Started with Cognitive & Mapping. **Software COPE**, 1995.

BAILEY, K. D. **Methods of Social Research**. 2 ed. London: The Free Press, 1982.

BANA E COSTA, C.A. **Structuration, Construction et Exploitation d' un Modèle Multicritère d'Aide à la Decision**, Universidade Técnica de Lisboa, Tese de doutorado,1992.

\_\_\_\_\_. Três Convicções Fundamentais na Prática do Apoio à Decisão. **Pesquisa Operacional**, v. 13, n.1, p. 9-20, jun. 1993.

BANA E COSTA, C. A.; DE CORTE, J. M.; VANSNICK, J. C. **Software MACBETH**. Version 1.0, 1997.

BANA E COSTA, C. A.; VANSNICK, J. Uma Nova Abordagem ao Problema da Construção de uma Função de Valor Cardinal: MACBETH. **Investigação Operacional**, v. 15, p. 15-35, Jun. 1995a.

\_\_\_\_\_. General Overview of the MACBETH Approach. **Apostila do Curso Metodologias Multicritérios de Apoio à Decisão – ENE / UFSC**. Florianópolis, ago.1995b.

\_\_\_\_\_. Applications of the MACBETH Approach in the Framework of an Additive Agregation Model. **Apostila do Curso Metodologias Multicritérios de Apoio à Decisão - ENE/UFSC**. Florianópolis, ago. 1995c.

\_\_\_\_\_. A Theoretical Framework for Measuring Attractiveness by Categorical Based Evaluation Technique (MACBETH). **Apostila do Curso Metodologias Multicritérios de Apoio à Decisão - ENE/UFSC**. Florianópolis, ago. 1995d.

\_\_\_\_\_. Measuring Credibility of Compensatory Preference Statements When Trade-offs are Interval determined. **Apostila do Curso Metodologias Multicritérios de Apoio à Decisão - ENE/UFSC**. Florianópolis, Agosto, 1995e.

\_\_\_\_\_. Thoughts A Theoretical Framework for measuring Attractiveness by Categorical Based Evaluation Technique (MACBETH). In: Clímaco, J. (eds.), **Multicriteria Analysis**. Springer-Verlag, Berliin, 1997a.

\_\_\_\_\_. Applications of the MACBETH Approach in the Framework of an Additive Aggregation Model. **Journal of Multi-criteria Decision Analysis**, v. 6, n. 2, p. 107-114,1997b.

BANA e COSTA, C. A.; ENSSLIN, L.; CORREA, E. C.; VANSNICK, J. C. Decision Support Systems in Action : Integrated Application in a Multicriteria Decision Aid Process. **European Journal of Operational Research**, v. 113, n. 2, p. 315-335, 1999.

BAILEY, K.D. **Methods of Social Research**. 2 ed. London : the Free Press, 1982.

BARCLAY, S. **Hiview Software Package**. London School of Business, 1984.

BARZILAI, J. On the Foundations of Measurement. **Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics**. Canadá, p. 401-406, 2001.

BEINAT, E. **Multiattribute Value Functions for Environmental Management**. Amsterdam: Timbergen Institute Research Series, 1995.

BEM MENA, S. Introdução aux Méthodes Multicritères D'aide à la Décision. In: **Biotechnol. Agron. Soc. Environ.**, v. 4, n. 2, p. 83-93, 2000.

BOUYSSOU, D. Modeling Inaccurate Determination, Uncertainty, Imprecision Using Multiple Criteria. In: Lockett, A. G.; Islei, G. (Eds) **Improving Decision Making in Organizations**, Berlim: Springer, p. 78-87, 1989.

BUCHANAN, J. T.; SHEPPARD, P.; VANDERPOOTEN, D. Project Ranking Using ELECTRE III. **European Journal of Operational Research**, p.1-21,1999.

CAMACHO, L.M.; PAULUS, P. B. The Role of Social Anxiousness in Group Brainstorming. **Journal of Personality and Social Psychology**, v.68, n.6, p. 1071-1080, 1995.

CAMPBELL, N. R. An Account of the Principles of Measurement and Calculations. London: Longmans Green, 1928.

CRYALIS, L. **EQUITY for Windows User Manual**,1997.

ENSSLIN, L.; BANA E COSTA, C.A.; MONTIBELLER NETO, G. "From Cognitive Maps To Multicritéria Models; **Proceedings of the International Conference on Methods and Applications of MCDA**. Mons, Bélgica, 1997.

ENSSLIN, L.; MONTIBELLER NETO, G.; ZANELLA, I.; NORONHA, S. M. D. Introdução à MCDA. **Apostila do Curso Metodologias Multicritérios de Apoio à Decisão - ENE/UFSC**. Florianópolis, 1998.

ENSSLIN, L.; MONTIBELLER, G.; NORONHA, S. M. **Apoio à Decisão: INSULAR**: Florianópolis-SC, 2001.

FIOL, C. M.; HUFF, A.S. Maps for Managers: Where Are We?. Where Do We Go from Here?. **Journal of Management Studies**, v. 29, n. 3, p. 267-286, 1992.

FREGE, J. G. Os Fundamentos da Aritmética: Uma Investigação Lógico-matemática sobre o Conceito de Número. In: **Os Pensadores: Peirce e Frege**. São Paulo: Victor Civita, p. 195-276, 1984.

GRECO, S. A. New PCCA Method: IDRA. **European Journal of Operational Research**, v. 98, p. 587-601, 1997.

GOODWIN, P., WRIGTHAT, G. **Decision Analysis for Management Judgement**. Chichester: J. Wiley, 1991.

KEENEY, R. L. **Value Focused-Thinking: A Path to Creative Decision-making**. Cambridge: Harvard University Press, 1992.

KEENEY, R. L., RAIFFA, H. **Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs**. Cambridge: Cambridge University Press, 1993.

LANDRY, M. A Note on the Concept of 'Problem'. **Organization Studies**, n. 16, p. 315-343, 1995.

LARICHEV, O. I.; MOSHKOVICH, H. M. **Verbal Decision Analysis for Unstructured Problems**. Amsterdam: Kluwer Academic Publishers, 1997.

LUCE, R. D.; SUPPES, P. Measurement Theory. In: **The New Encyclopaedia Britannica**. London: Britannica, v. 23, p. 729-798, 1986.

PASQUALI, L. **Teoria e Métodos de Medida em Método em Ciências do Comportamento**. Brasília: UnB: INEP, p. 21-41, 1996.

ROBERTS, S. F. Three Representation Problems: Ordinal, Extensive, and Difference Measurement. In: ROTA, Gian-Rota. **Encyclopedia of Mathematics and Its Applications. Measurement Theory**, v. 7, p. 101-147, 1979.

ROY, B., Main Sources of Determination, Uncertainty and Imprecision in Decision Models. **Math. Comput. Modelling**, v. 12, n. 10 / 11, p. 1245-1254, 1986.

\_\_\_\_\_. Main Sources of Inaccurate Determination, Uncertainty and Imprecision in Decision Models. **Math. Comput. Modelling**, v. 12, n. 10 / 11, p. 1245-1254, 1989.

\_\_\_\_\_. Decision-Aid and Decision-Making. **European Journal of Operational Research**, p. 324-331, 1990a.

\_\_\_\_\_. The Outranking Approach and the Foundations of ELECTRE Methods. In: BANA E COSTA, C. A. (ed.) **Readings in Multiple Criteria Decision Aid**, Springer-Verlag, p. 155-183, 1990b.

\_\_\_\_\_. Decision Science or Decision-Aid Science?. **European Journal of Operational Research**, n. 66, p. 184-203, 1993.

\_\_\_\_\_. **Multicriteria Methodology for Decision Aiding**. Kluwer Academic Publishers. U.S.A., 1996.

\_\_\_\_\_. Partial Preference Analysis and Decision-aid: the fuzzy outranking relation concept. In: E. Bell; Keeney, R; Raiffa, H .(eds.), **Conflicting Objectives en Decisions**. New York: Wiley, p 40-75, 1997.

ROY, B.; VANDERPOOTEN, D. The European School of MCDA: Emergence, Basic Features and Current Works. **Journal of Multi-Criteria Decision Analysis**, v. 5, p. 22-38, 1996.

SCHWARZ, R. M. The Skilled Facilitator. San Francisco: Jossey-Bass, 1994.

SUPPES, P.; ZINNES, J. L. Basic Measurement Theory. In: Luce, R. D.; Bush, R. R.; Galanter, E. G. (Eds) **Handbook of Mathematical Psychology**. New York: Wiley, v. 1, p. 1-76, 1963.

von WINTERFELDT, D.; EDWARDS, W. **Decision Analysis and Behavioral Research**. Cambridge: Cambridge University press, 1986.

WAGNER, H. M. **Pesquisa Operacional** . Rio de Janeiro: Prentice-Hall, 2 ed., 1986.

WATSON, S. R.; BUEDE, D. M. **Decision Synthesis**. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1987.



## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

BARZILAI, J. Basic Principles of Measurement. **Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics**. Canadá, p. 395-400, 2001.

\_\_\_\_\_. Notes on the Analytic Hierarchy Process. **Proceedings of the NSF Desing and Manufacturing Research Conference**. Canadá, p. 1-6, 2001.

\_\_\_\_\_. Notes on Measurement and Decision Theory. **Proceedings of the NSF Desing and Manufacturing Research Conference**. Porto Rico, p. 1-11, 2002.

ENSSLIN, L.; MONTIBELLER NETO, G.; ZANELLA, I.; NORONHA, S. M. D. Metodologias Multicritérios em Apoio à Decisão. **Apostila do Curso Metodologias Multicritérios da Apoio à Decisão - ENE/UFSC**. Florianópolis, 1998c.

DUTRA, A. **Elaboração de um Sistema de Avaliação de Desempenho dos Recursos Humanos da Secretaria de Estado da Administração – SEA à luz da Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. 1998.

van HUYLENBROECK, G. The Conflit Analysis Method: bridging the gap between ELECTRE, PROMETHEE and ORESTE. **European Journal of Operacional Research**. Bélgica, v. 82, p. 490-502, 1995.

HOLZ, E. **Estratégias de Equilíbrio Entre a Busca de Benefícios Privados e os Custos Sociais Gerados pelas Unidades Agrícolas Familiares: Um método multicritério de avaliação e planejamento de microbacias hidrográficas**. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 1999.

MONTIBELLER NETO, G. **Mapas Cognitivos Difusos para o Apoio à Decisão**. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.

MOREIRA, M. E. P. **Modelo Multicritério para Apoiar a Avaliação Técnica de Empresa(s) Habilitada(s) para Projetar e/ou Construir um Trecho Rodoviário**. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.

NORONHA, S.M. D. **Um Modelo Multicritérios para Apoiar a Decisão da Escolha do Combustível para Alimentação de Caldeiras Usadas na Indústria Têxtil**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.

PETRI, S. M. **Construção de um Modelo de Avaliação de Desempenho em uma Prestadora de Serviços Contábeis para Identificar Oportunidades de Melhorias Utilizando a Metodologia MCDA**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.

TAKEDA, Eiji. A Method for Multiple Pseudo-criteria Decision Problems. **Computers & Operations Research**. Japan, v. 28, p. 1427-1439, 2001.

VANDEPOOTEN, D. The Construction of Prescriptions in Outranking Methods. In: BANA E COSTA, C. A. (ED.) **Reading in Multiple Criteria Decision Aid**. Springer-Verlag, p184-215, 1990.

APÉNDICE A

APÉNDICE B