

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO

**A Cooperação na Ação e Uma Especificação de Requisitos para
Agentes e Sistemas Multiagente Fundamentadas na Epistemologia
Genética**

por

Claudia Brandelero Rizzi

Orientador

Prof. Dr. Antônio Carlos da Rocha Costa

Co-orientador

Prof. Dr. Sérgio Roberto Kieling Franco

Porto Alegre, março de 2006

CIP - Catalogação na Publicação

Rizzi, Claudia Brandelero

A Cooperação na Ação e Uma Especificação de Requisitos para Agentes e Sistemas Multiagente Fundamentadas na Epistemologia Genética. Por Claudia Brandelero Rizzi. Porto Alegre: PGIE da UFRGS, 2006.

310 p.: il.

Tese (doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação. Porto Alegre, BR - RS, 2006. Orientador: Costa, Antonio Carlos da Rocha, Co-Orientador: Franco, Sérgio, Roberto Kieling.

1. RePiarq. 2. Cooperação na ação. 3. Agentes computacionais piagetianos. 4. Requisitos para agentes computacionais. 5. Valores piagetianos. 6. Grupamentos piagetianos.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Prof Dr José Carlos Ferraz Hennemann

Pró-Reitora de Pós-Graduação: Prof^a Dr^a Valquíria Linck Bassani

Diretora do Centro Interdisciplinar de Tecnologia Educacional: Prof^a Dr^a Liane Margarida Rockenbach Tarouco.

Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação: Prof^a Dr^a Margarete Axt

Agradecimentos

Gostaria, imensamente, de agradecer...

À professora Dra. Léa da Cruz Fagundes, tanto por ter-me despertado completamente para Piaget, quanto por seu modelo de vida.

À professora Dra. Zélia Ramozzi Chiarottino, pelas mensagens, sugestões e discussões.

Ao Dr. Eric Werner, por ter enviando de Edinburg, um de seus artigos clássicos sobre cooperação entre agentes.

Ao professor Dr. Fernando Becker pelas excelentes sugestões bibliográficas.

À professora Dra. Maria Micelli, que prontamente respondeu minhas mensagens e mandou-me da Itália alguns de seus artigos.

A Luciano Costa Santos por ter conseguido em Paris, meu cobiçadíssimo “*Essai de Logique Opératoire*”.

Aos meus orientadores, Rocha Costa e Sérgio Franco, por todas as orientações, e pelos bate-papos piagetianos memoráveis.

Ao pessoal do Colégio Julia Wanderley pela abertura à pesquisa, e em especial aos pré-adolescentes que participaram dos experimentos aqui relatados.

Ao pessoal do Colegiado do Curso de Bacharelado em Informática, pelo incentivo e disponibilização de laboratórios e equipamentos.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná, por oportunizar-me aprender e trabalhar para a aprendizagem de outros.

A meus alunos e orientandos de graduação em Informática, que depois de terem que estudar Piaget e suar a encharcar teclados, fizeram trabalhos muito legais, inclusive relacionados à tese.

Ao Pós-Graduação em Informática na Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul por conceder-me esta oportunidade ímpar de aprendizagem.

A todos os meus professores do PGIE pelo esforço em mostrar-me o que está para além da computação.

À cunhada, irmã e amiga, Roselaine querida, que nos deixou...

Às maravilhosas amigas de PGIE, Cleuza Alonso, Louise Seixas, e Rosecléa Medina, sem as quais esses anos todos não teriam o bom humor, a alegria, a esperança e grandeza que tiveram.

A meus irmãos Sávio, Jairo e Helaine, cunhados Luci e Carlinhos, e também aos sobrinhos Gustavo, Sávio Jr, Juliana e Vinícius, que com certeza não vêem a hora de que eu não possa mais usar a tese como desculpa para não lavar a louça do churrasco dos domingos.

Ao meu pai, Achylles Brandelero, e à minha mãe Emília Olinda Balcewicz Brandelero, que em seu trabalho, simplicidade e honestidade, mesmo sem entender muito bem o que era e para que serviria fazer curso de doutorado, me incentivaram incondicionalmente e apenas esperaram de mim, trabalho, simplicidade e honestidade.

Ao Rogério, companheiro exigente de todas as horas, ao Luís Fernando, nosso filho que chegou durante este curso para encher nossas vidas de alegria, e a quem mais vier por aí...dedico este e todo o meu trabalho!

Sumário

Lista de Abreviaturas	ix
Lista de Figuras	xi
Lista de Tabelas	xiv
Resumo	xvi
Abstract	xvii
1 Introdução	1
1.1 Objetivo.....	2
1.2 Motivação.....	2
1.3 Opções e Justificativa.....	3
1.4 Metodologia e atividades.....	7
1.5 Organização do texto.....	10
2 Desenvolvimento individual e social do sujeito epistêmico	12
2.1 O desenvolvimento do sujeito epistêmico: aspectos individuais.....	12
2.2 Períodos do desenvolvimento individual e social.....	16
2.2.1 Período sensório-motor: aspectos mentais, sociais e estrutura.....	17
2.2.2 Período pré-operatório: aspectos mentais, sociais e estrutura.....	18
2.2.3 Período das operações concretas: aspectos mentais, sociais e estrutura.....	19
2.2.4 Período das operações formais: aspectos mentais, sociais e estrutura.....	22
2.3 Estruturas individual e social e seu isomorfismo.....	24
2.3.1 Algumas fontes teóricas da noção de isomorfismo dos grupamentos.....	26
2.3.2 Isomorfismo dos grupamentos operatórios.....	28
2.3.2.1 As estruturas operatórias dos grupamentos lógico-matemáticos.....	29
2.3.2.2 Grupamento das operações infralógicas.....	30
2.3.2.3 Os grupamentos dos valores.....	33
2.3.3 Exemplo de isomorfismo.....	34
3 Cooperação, valores e autonomia na perspectiva piagetiana	38
3.1 A cooperação.....	38
3.1.1 Cooperação na ação.....	39
3.1.2 Cooperação no pensamento.....	40
3.2 Os valores.....	42
3.2.1 Valores, escalas e estrutura de valores.....	43
3.2.2 Operação afetiva, tendência, vontade e interesse.....	45
3.2.3 A dinâmica dos valores na prestação de serviços.....	47
3.3 Autonomia.....	49

4	Grupamentos lógico-matemáticos	51
4.1	O papel das classes e relações no desenvolvimento cognitivo.....	51
4.2	Lógica das classes e lógica das relações.....	54
4.2.1	Lógica das classes.....	55
4.2.2	Lógica das relações.....	57
4.2.3	Uma sistematização da lógica das classes e das relações.....	58
4.3	Estruturas e operações de classes e de relações.....	60
4.3.1	Grupos.....	60
4.3.2	Reticulados.....	61
4.3.3	Grupamentos.....	63
4.4	Grupamento das classes.....	68
4.4.1	Grupamento I: aditivo de classes.....	69
4.4.2	Grupamento II: vicariâncias.....	71
4.4.3	Grupamento III: multiplicação co-unívoca de classes.....	74
4.4.4	Grupamento IV: multiplicação biunívoca de classes.....	77
4.5	Grupamentos das relações.....	80
4.5.1	Grupamento V: adição das relações assimétricas transitivas.....	81
4.5.2	Grupamento VI: adição das relações simétricas.....	84
4.5.3	Grupamento VII: multiplicação co-unívoca das relações.....	90
4.5.4	Grupamento VIII: multiplicação biunívoca das relações.....	94
5	Agentes computacionais	99
5.1	Inteligência artificial construtivista e Inteligência artificial distribuída.....	99
5.2	Agentes computacionais: perspectiva individual.....	100
5.2.1	Autonomia.....	100
5.2.2	Características de um agente.....	101
5.2.3	Arquiteturas clássicas de agentes.....	102
5.2.3.1	Arquitetura BDI.....	102
5.2.4	Comunicação entre agentes.....	103
5.3	Agentes computacionais: perspectiva social.....	105
5.3.1	Organizações multiagente.....	106
5.3.1.1	Hierarquias.....	106
5.3.1.2	Holarquias.....	106
5.3.1.3	Coalisões.....	107
5.3.1.4	Equipes.....	107
5.3.1.5	Congregações.....	108
5.3.1.6	Sociedades.....	108
5.3.1.7	Federações.....	109
5.3.1.8	Matriz Organizacional.....	109
5.3.1.9	Combinação de Organizações.....	110
5.3.2	Tipos de sociedades de agentes.....	111

5.3.3	Questões envolvendo agentes em ambientes multiagente.....	113
5.3.3.1	Planejamento.....	113
5.3.3.2	Conflito.....	113
5.3.3.3	Negociação.....	114
5.3.3.4	Coordenação.....	114
5.3.4	Cooperação entre agentes.....	115
5.3.4.1	A teoria de Eric Werner.....	118
5.3.3.2	O modelo de Wooldridge e Jennings.....	120
6	Arquiteturas de Agentes Computacionais	123
6.1	Arquiteturas Normativas.....	123
6.1.1	O B-DOING de Dignum e colaboradores.....	124
6.1.2	O BOID de Jan Broersen e colaboradores.....	125
6.1.3	A arquitetura de Castelfranchi e colaboradores.....	126
6.1.4	NoA de Kollingbaum e Norman.....	128
6.1.5	A arquitetura de López e Márquez.....	129
6.2	Arquiteturas com valores.....	131
6.2.1	O BVG de Luis Antunes.....	132
6.2.2	O sistema de troca de valores de Maíra Rodrigues.....	133
6.2.3	A arquitetura de Guye-Vuillème e Thalmann.....	134
6.2.4	Os sistemas de valores de Jordan Zlatev.....	136
6.3	Arquiteturas construtivistas.....	138
6.3.1	O trabalho pioneiro de Gary Drescher.....	139
6.3.2	O Petitagé de Stojanov.....	141
6.3.3	O trabalho de Wazlawick.....	142
6.3.4	O trabalho de Muñoz.....	144
6.3.5	O trabalho de Perotto.....	145
7	O RePiarq: sua construção, definição, utilização e análise	148
7.1	Trabalhos anteriores rumo à especificação do RePiarq.....	148
7.1.1	Estruturas operatórias e estruturas de dados.....	148
7.1.2	Agentes computacionais e grupamentos lógico-matemáticos.....	149
7.1.3	Agentes computacionais cooperativos e raciocínio baseado em casos.....	150
7.1.4	Agentes computacionais cooperativos e valores qualitativos versão I.....	151
7.1.5	Agentes computacionais cooperativos e valores qualitativos versão II.....	153
7.2	Conjunto de requisitos piagetianos para uma arquitetura de agentes e sistemas multiagente : do ponto de vista individual.....	154
7.2.1	A cooperação na ação nas trocas de serviços.....	159
7.3	O RePiarq do ponto de vista social.....	161
7.4	O RePiarq e a arquitetura BDI.....	162
7.5	Relações entre as arquiteturas estudadas e o RePiarq.....	164

8	Experimentos com agentes humanos: análises e discussões.....	169
8.1	Etapa I do estudo de caso.....	170
8.1.1	A verificação da ferramenta do ponto de vista computacional.....	172
8.1.2	A ambientação.....	173
8.1.3	O jogo.....	176
8.1.4	A entrevista.....	178
8.1.5	As conclusões para melhorias na fase II.....	180
8.1.5.1	Quanto à ambientação.....	180
8.1.5.2	Quanto ao jogo.....	180
8.1.5.3	Quanto à metodologia.....	181
8.2	Etapa II do estudo de caso.....	182
8.2.1	A ambientação.....	183
8.2.2	O jogo versão I e II.....	188
8.2.3	A entrevista.....	190
8.2.3.1	Sobre características gerais.....	191
8.2.3.2	Sobre estratégias de jogo.....	191
8.2.3.3	Sobre constituição, trabalho em grupo e cooperação.....	192
8.2.3.4	Com relação à temáticas relacionadas a agentes computacionais.....	192
8.2.4	Comentários sobre as observações decorrentes das etapas I e II.....	193
8.2.4.1	Quanto à estrutura cognitiva: o ponto de vista individual.....	194
8.2.4.2	Quanto à cooperação: o ponto de vista coletivo.....	200
8.2.4.3	Quanto aos valores.....	202
9	Experimentos com agentes computacionais: análises e discussões.....	213
9.1	O jogo cooperativo das figuras geométricas.....	213
9.2	Mecanismos de suporte à inteligência social.....	214
9.2.1	Mecanismos de expressão de valores de troca.....	215
9.2.2	Mecanismos de visualização de valores de troca.....	216
9.2.3	Mecanismos de inferência de valores de troca.....	216
9.2.4	Mecanismo de registro e acumulação de valores de troca.....	216
9.2.5	Mecanismos de comparação de valores de troca.....	217
9.2.6	Mecanismos de supervisão do equilíbrio de valores de troca.....	218
9.3	Exemplo de modelagem do jogo com o RePiarq.....	218
9.4	Implementações e resultados.....	223
9.4.1	Etapa 1: Agentes de mesma característica contra agente jogador.....	225
9.4.1.1	Agentes reagentes contra agente jogador.....	226
9.4.1.2	Agentes individualistas contra agente jogador.....	226
9.4.1.3	Agentes cooperativos contra agente jogador.....	228
9.4.2	Etapa 2: Agentes com características diferentes contra agente jogador.....	229
9.4.3	Etapa 3: confronto entre duas equipes de agentes.....	233

9.5	Considerações sobre os experimentos.....	234
9.5.1	Com relação à cooperação.....	235
9.5.2	Com relação a valores.....	236
10	Primeiros princípios de um processo de modelagem de trabalhos em equipe.....	237
10.1	O RePiarq na concepção do roteiro.....	240
10.1.1	As noções de cooperação.....	241
10.1.2	As noções de regras, valores e sinais.....	241
10.1.3	As noções de trocas de serviços.....	242
10.1.4	As noções sobre agentes computacionais.....	242
10.2	O roteiro: etapas, comentários, e sugestão de utilização.....	245
10.2.1	O planejamento do trabalho em equipe: a proposta inicial.....	245
10.2.1.1	Sugestão de formulário para planejamento do trabalho em equipe.....	247
10.2.2	A constituição da equipe: as definições do trabalho.....	248
10.2.2.1	Sugestão de formulário para o início das atividades da equipe.....	252
10.2.3	O término do trabalho em equipe: a avaliação individual.....	253
10.2.3.1	Sugestão de formulário para o término das atividades da equipe.....	253
10.3	Comentários.....	254
11	Conclusões, principais constatações, comentários e trabalhos futuros	256
11.1	Quanto à cooperação humana.....	256
11.2	Quanto aos requisitos para agentes e sistemas multiagente.....	266
11.3	Quanto à articulação “informática e educação”.....	269
11.4	Quanto à trabalhos futuros.....	269
	Anexo 1 - Passagem da estrutura de grupamento para a de grupo.....	273
	Anexo 2 - Parecer do Comitê de Ética da Unioeste.....	274
	Anexo 3 - Exemplo de arquivo com respostas da ambientação: fase I.....	275
	Anexo 4 - Roteiro para a entrevista: fase I.....	276
	Anexo 5 - Exemplo de arquivo com respostas da ambientação: fase II	278
	Anexo 6 - Roteiro para a entrevista: fase II.....	281
	Anexo 7 - Explicações sobre uso do formulário de constituição, modelagem e elaboração do planejamento de atividades do trabalho em equipe.....	283
	Referências Bibliográficas.....	286

Lista de Abreviaturas

IAC	Inteligência Artificial Construtivista
GEPAC	Grupo de Estudos e Pesquisas em Agentes Computacionais
UNIOESTE	Universidade Estadual do Oeste do Paraná
GIA	Grupo de Inteligência Artificial
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
IA	Inteligência Artificial
EG	Epistemologia Genética
INCR	I=idêntica; N=inversa; R= recíproca; C=correlativa (inversa da recíproca);
PGIE	Programa de Pós Graduação em informática na Educação
SM	Sistema Multigante
ACC	Agentes Computacionais Cooperativos
BDI	B= “belief”= crença; D= “desire”= desejo; I= “intention”= intenção
FRC	Função de Revisão de Crenças
LCA	Linguagem de Comunicação entre Agentes
PI	Protocolos de Interação
KQML	Knowledge Query and Manipulation Language
FIPA	Foundation for Intelligent Physical Agents
UML	Unified Modeling Language.
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
RePiarq	Requisitos Piagetianos para uma Arquitetura de Agentes Computacionais e Sistemas Multiagente
B-DOING	Beliefs, Desires, Obligations, Norms and Goals
BOID	Beliefs, Obligations, Intentions and Desires
RBC	Raciocínio Baseado em Casos
JCFG	Jogo Cooperativo das Figuras Geométricas
CEPJW	Colégio Estadual Professora Júlia Wanderley
LabiUtil	Laboratório de Utilizabilidade de Informática
AG	Agentes Computacionais
IE	Informática na Educação

Lista de Figuras

Figura 2.1	Ilustração da estrutura cognitiva total, seus grupamentos mais característicos e suas constituições.....	29
Figura 3.1	Esquema de uma operação afetiva (a) com conflito de tendências e (b) com interesse firme e único.....	47
Figura 4.1	(a) Ilustração da estrutura cognitiva do período operatório concreto com destaque (b) para o isomorfismo dos grupamentos lógico-matemáticos com o de valores.....	53
Figura 4.2	Ilustração das três estruturas denominadas <i>grupamento</i> ou <i>grupamentos</i>	54
Figura 4.3	Representação para uma classificação via reticulado (adaptado de PIAGET, 1976, p. 89).....	62
Figura 4.4	Ilustração de uma classificação animal.....	68
Figura 4.5	Ilustração para um exemplo de classes e suas complementares.....	69
Figura 4.6	Ilustração de uma parte da classificação animal.....	74
Figura 4.7	Ilustração para um exemplo de árvore genealógica.....	75
Figura 4.8	Ilustração de multiplicação co-unívoca em sistema de parentesco.....	75
Figura 4.9	Exemplo de classificação múltipla (adaptado de PIAGET, 1976, p. 115).....	78
Figura 4.10	Ilustração da adição serial de elementos.....	82
Figura 4.11	Ilustração de relações de equivalência e alteridade.....	85
Figura 4.12	Ilustração de relações de parentesco.....	90
Figura 4.13	Seriação de peso e volume adaptado de (PIAGET, 1976, p. 163).....	95
Figura 5.1	Áreas nas quais este trabalho está situado.....	100
Figura 5.2	Arquitetura BDI genérica (BORDINI, et al., 2002).....	103
Figura 5.3	Ilustração dos elementos variáveis na teoria de Werner.....	119
Figura 5.4	Ilustração das quatro etapas da solução de problemas.....	121
Figura 6.1	Processos de decisão de um agente B-DOING (adaptado de DIGNUM, et al., 2001, p. 4).....	125
Figura 6.2	<i>Feedbacks</i> na arquitetura BOID (adaptado de BROERSEN, et al., 2001 p. 13).....	126
Figura 6.3	Declaração de normas em uma sociedade de agentes normativos (adaptado de CASTELFRANCHI, et al., 2000, p. 5).....	128
Figura 6.4	Ilustração de um plano NoA (a) e de uma norma NoA (b) (KOLLINGBAUM; NORMAN, 2003, p. 2).....	129
Figura 6.5	Ilustração da arquitetura de López e Márquez (adaptado de LÓPEZ; MÁRQUEZ, 2004, p. 99).....	130
Figura 6.6	Ilustração da tomada de decisão na arquitetura BVG (adaptado de ANTUNES, 2001, p. 99).....	133
Figura 6.7	Ilustração do cálculo sobre valores (RODRIGUES, 2003, p. 60).....	134

Figura 6.8	Ilustração da inter-relação entre <i>normas, valores, visão de mundo e papéis</i>	135
Figura 6.9	Ilustração do agente de Drescher em um ambiente bidimensional (adaptado de DRESCHER, 1991, p. 8).....	141
Figura 6.10	Ilustração da arquitetura do Petitagé (adaptado de STOJANOV, 2001, p. 3).....	142
Figura 6.11	Ilustração da interação agente/ambiente (adaptado de WAZLAWICK, 1993, p. 102).....	143
Figura 6.12	Ilustração das entradas e saídas do agente (adaptado de MUÑOZ, 1998, p. 2).....	145
Figura 6.13	Ilustração da visão geral da arquitetura do agente construtivista de Perotto.....	145
Figura 7.1	Ilustração da mútua influência das regras valores e sinais sociais e individuais....	155
Figura 7.2	Ilustração de um agente modelado com o RePiarq.....	156
Figura 7.3	Ilustração dos elementos envolvidos em uma operação feita por um agente.....	157
Figura 7.4	Ilustração do processo de cooperação realizado por três agentes.....	159
Figura 7.5	Ilustração da dinâmica das trocas de valores do primeiro momento.....	160
Figura 7.6	Ilustração da dinâmica das trocas de valores do segundo momento.....	161
Figura 8.1	Alunos jogando sem o computador.....	171
Figura 8.2	Alunos executando a ambientação.....	171
Figura 8.3	Alunos jogando com o computador.....	171
Figura 8.4	Alunos respondendo a entrevista.....	171
Figura 8.5	Exemplo de questão referente ao grupamento um.....	174
Figura 8.6	Exemplo de questão referente ao grupamento dois.....	174
Figura 8.7	Exemplo de questão referente ao grupamento três.....	174
Figura 8.8	Exemplo de questão referente ao grupamento quatro.....	174
Figura 8.9	Exemplo de questão referente ao grupamento cinco.....	175
Figura 8.10	Exemplo de questão referente ao grupamento seis.....	175
Figura 8.11	Exemplo de questão referente ao grupamento sete.....	175
Figura 8.12	Exemplo de questão referente ao grupamento oito.....	175
Figura 8.13	Ilustração da tela para três jogadores.....	177
Figura 8.14	Aluna executando a ambientação.....	183
Figura 8.15	Alunos jogando a versão I do Jogo.....	183
Figura 8.16	Alunos jogando a versão II do Jogo.....	183
Figura 8.17	Alunos respondendo a entrevista.....	183
Figura 8.18	Exemplo de questão referente ao grupamento seis.....	184
Figura 8.19	Exemplo de questão referente ao grupamento sete.....	184
Figura 8.20	Exemplo de questão referente ao grupamento oito.....	184
Figura 8.21	Contra-prova: grupamento um.....	184

Figura 8.22	Contra-prova: grupamento dois.....	184
Figura 8.23	Contra-prova: grupamento três.....	185
Figura 8.24	Contra-prova: grupamento quatro.....	185
Figura 8.25	Contra-prova: grupamento cinco.....	185
Figura 8.26	Contra-prova: grupamento seis.....	185
Figura 8.27	Contra-prova: grupamento sete.....	185
Figura 8.28	Contra-prova: grupamento oito.....	185
Figura 8.29	Ilustração da tela para três jogadores – versão I.....	189
Figura 8.30	Ilustração da tela para três jogadores – versão II.....	190
Figura 8.31	Ilustração de um exemplo de jogada.....	197
Figura 8.32	Jogada por cor ou jogada por formato e tamanho.....	197
Figura 8.33	Parte de um diálogo entre Débora, Caroline e Ana Cristina.....	207
Figura 8.34	Fala de um dos integrantes do grupo.....	208
Figura 8.35	Parte de um diálogo entre Emanuela, Gabriela e Amanda.....	209
Figura 8.36	Parte de um diálogo entre Bruno, Danilo e Ezequiel.....	210
Figura 9.1	Influência das regras valores e sinais sociais sobre o agente jogador.....	219
Figura 9.2	Influência das regras, valores e sinais sociais sobre agentes cooperativos.....	220
Figura 9.3	Agente jogador contra equipe de agentes cooperativos.....	220
Figura 9.4	As três etapas e cinco versões do JCFG.....	223
Figura 9.5	Ilustração da interface da versão um do JCFG.....	225
Figura 9.6	Ilustração da interface da versão dois do JCFG.....	227
Figura 9.7	Ilustração da interface da versão quatro do JCFG.....	230
Figura 9.8	Ilustração da interface da versão cinco do JCFG.....	233
Figura 10.1	Relação EG, AG e equipes de trabalho.....	238

Lista de Tabelas

Tabela 2.1	Grupamentos lógico-matemáticos (PIAGET, 1976, p. 100).....	30
Tabela 2.2	Grupamento <i>infralógico</i> e seus componentes.....	32
Tabela 2.3	Grupamento de <i>valores</i> e seus componentes.....	33
Tabela 2.4	Relações <i>objetos-operações</i> × <i>sistemas de grupamentos</i>	36
Tabela 4.1	Comparação das principais características dos <i>grupamentos de classes</i> e dos <i>grupamento das relações</i>	59
Tabela 5.1	Síntese sobre os nove tipos de organização de agentes computacionais.....	110
Tabela 5.2	Síntese sobre as formas de ingresso nas sociedades.....	112
Tabela 5.3	Síntese sobre questões freqüentes em sistemas multiagente.....	115
Tabela 5.4	Síntese sobre as abordagens de Eric Werner e de Wooldridge e Jennings para a cooperação entre agentes computacionais.....	122
Tabela 6.1	Ilustração da hierarquia de significados baseados em valores (adaptado de ZLATEV, 2001, p. 90).....	138
Tabela 7.1	Correspondência entre noções da arquitetura B-DOING e o RePiarq.....	163
Tabela 7.2	Não-correspondência e não-especificação entre o B-DOING e o RePiarq.....	164
Tabela 7.3	Relações entre as arquiteturas normativas e o RePiarq.....	165
Tabela 7.4	Relações entre as arquiteturas com valores e o RePiarq.....	166
Tabela 7.5	Relações entre as arquiteturas piagetianas e o RePiarq.....	167
Tabela 7.6	Relações entre as teorias cooperativas e o RePiarq.....	167
Tabela 8.1	Ilustração dos critérios e avaliação do software segundo o LabIUtil.....	172
Tabela 8.2	Resultados da ambientação: grupamentos de classe.....	176
Tabela 8.3	Resultados da ambientação: grupamentos de relações.....	176
Tabela 8.4	Resultados da ambientação: grupamentos de classes.....	186
Tabela 8.5	Resultados da ambientação: grupamentos de relações.....	187
Tabela 8.6	Relação de características entre agentes humanos e agentes computacionais.....	193
Tabela 8.7	Propriedades dos grupamentos e exemplos no jogo.....	195
Tabela 8.8	Grupamento de classes: propriedades e exemplos inspirados no jogo.....	198
Tabela 8.9	Grupamento de relações: propriedades e exemplos inspirados no jogo.....	199
Tabela 9.1	Expressão dos valores de troca.....	215
Tabela 9.2	Tipos motivacionais de valores universais (GOUVEIA, V. et al., 2001 p. 135).....	216
Tabela 9.3	Representação I : troca de valores entre os agentes X e Y.....	217
Tabela 9.4	Representação II : troca de valores entre os agentes Y e Z.....	217
Tabela 9.5	Síntese sobre os resultados dos testes executados com as três versões.....	225
Tabela 9.6	Síntese e comparação dos resultados dos testes executados com as três primeiras	

versões e a quarta versão.....	231
Tabela 9.7 Síntese dos resultados dos testes executados com Grupos de Agentes constituídos por combinações de características.....	231
Tabela 9.8 Síntese dos resultados dos testes executados com dois Grupos de Agentes constituídos por diferentes características.....	234
Tabela 10.1 Características em sistemas multiagente e grupos de pré-adolescentes.....	245
Tabela 10.2 Tabela de relações entre a pesquisa em SMA e planejamento de trabalho em equipe.....	247
Tabela 10.3 Formulário para planejamento de atividades em equipe.....	248
Tabela 10.4 Tabela de correlações entre o RePiarq e o planejamento da equipe.....	249
Tabela 10.5 Formulário de constituição, modelagem e elaboração do planejamento de atividades de trabalhos em equipe.....	252
Tabela 10.6 Formulário de análise e avaliação das atividades do trabalho em equipe.....	253

Resumo

Este trabalho apresenta uma interpretação sobre a cooperação humana, particularmente sobre a cooperação na ação, no contexto da Epistemologia Genética e a emprega enquanto fundamento teórico para definir um conjunto de requisitos para agentes computacionais e sistemas multiagente. A cooperação na ação é a realização conjunta de operações concretas que se coordenam entre si. Uma operação concreta é aquela que se apóia na realidade, que é efetuada sobre objetos que podem ser manipulados, e sua origem é motora, perceptiva ou intuitiva. Para isso, este trabalho foi elaborado em três frentes distintas: os estudos, análises e discussões teóricas; o desenvolvimento de softwares; e a realização de experimentos práticos.

Os estudos teóricos que fundamentaram a interpretação da cooperação centraram-se no terceiro período do desenvolvimento cognitivo. É nesta fase que ocorrem importantes construções cognitivas, com significativo progresso individual e social, em o comparando com os períodos anteriores. Nele, o indivíduo se torna capaz de realizar operações, tanto quando atua sozinho (operações sujeito/objeto), quanto com outros indivíduos (operações sujeito/sujeito), e a capacidade de operar é pré-requisito para a cooperação. Além disso, é a partir deste período que ele passa a construir sua escala de valores, paulatinamente e de maneira cada vez mais autônoma, através da qual faz avaliações e determina interesses.

A interpretação da cooperação também se baseou em experimentos práticos realizados com pré-adolescentes. Para isso, se definiram, projetaram e implementaram diversos softwares, e, dentre eles o Jogo Cooperativo das Figuras Geométricas. Este jogo possibilita que dois ou três indivíduos joguem contra um agente computacional, utilizando cartas de um baralho constituído por um conjunto limitado de figuras geométricas, de cores e tamanhos variados, e que permite, em cada partida, que os indivíduos realizem operações conjuntas para vencer o agente computacional. Isto viabilizou o acompanhamento da prática da cooperação na ação entre 100 pré-adolescentes. Em especial se pôde acompanhar a realização de operações lógico-matemáticas e de valores por parte desses indivíduos.

A partir desses estudos, experimentos e análises, foi possível redefinir, projetar e implementar cinco versões diferentes do Jogo Cooperativo das Figuras Geométricas para ser jogado por agentes computacionais, exclusivamente. Agentes computacionais são entidades virtuais ativas, inseridas em um ambiente, capazes de nele atuar considerando informações dele percebidas e/ou de outros agentes, e, a exemplo dos seres humanos, podem cooperar entre si. É neste contexto que as noções advindas da Epistemologia Genética contribuem na condução de estudos e pesquisas sobre agentes computacionais. Os 510 testes realizados permitiram analisar, em especial, a cooperação na ação entre esses agentes, aspectos relativos a seus valores, e elementos que influenciam em sua tomada de decisão. Esses mesmos testes contribuíram para validar o conjunto de Requisitos Piagetianos para uma Arquitetura para Agentes e Sistemas Multiagente proposto.

Este trabalho também faz uma contribuição do ponto de vista da articulação entre a informática e a educação. Ele propõe princípios de um processo de modelagem de trabalhos em equipe, que incluem desde a proposição até o acompanhamento desses trabalhos. Trata-se de uma proposta que visa apoiar proponentes e executores de atividades realizadas por equipes. Esta proposição parte da área de sistemas multiagente tendo em vista o trabalho pedagógico desenvolvido por seres humanos. Estes princípios abrem possibilidades imediatas de pesquisa teórico-conceituais, computacionais e experimentais.

Palavras-chave: RePiarq. Cooperação na ação. Agentes computacionais piagetianos. Requisitos para agentes computacionais. Valores piagetianos. Grupamentos piagetianos

Abstract

This work presents an interpretation about human cooperation, particularly about cooperation in action, in the context of Genetic Epistemology and uses it while theoretical basis to define a group of requirements for computational agents and multi-agent systems. The cooperation in the action is the joint accomplishment of concrete operations that are mutually coordinated. A concrete operation is an operation based on reality, made on objects that can be manipulated, and its origin is motive, perceptive or intuitive. For that, this work has been elaborated in three different fronts: the studies, analyses and theoretical discussions; the development of software; and the accomplishment of practical experiments.

The theoretical studies that based the interpretation of the cooperation were centered in the third period of the cognitive development. It is in this phase that important cognitive constructions occur, with significant individual and social progress, when compared to the previous periods. On it, the individual becomes able to accomplish operations, both acting alone (subject/object operations), as with other individuals (subject/subject operations), and the capacity to operate is a prerequisite for the cooperation. Furthermore, it is starting from this period that it begins to build its scale of values, gradually and in a more and more autonomous way, through which it makes evaluations and determines interests.

The interpretation of the cooperation has also been based on practical experiments accomplished with preadolescents. For that, several software packages, including the Geometric Figures Cooperative Game, have been defined, designed and implemented. This game allows two or three individuals to play against an agent, using cards of a deck constituted by a limited group of geometric figures of various colors and sizes, that allow, in each game, the individuals to accomplish joint operations to beat the agent. This made possible to follow the practice of the cooperation in the action among 100 preadolescents. Especially, it was possible to follow the logical-mathematical and valued operations by those preadolescents.

From those studies, experiments and analyses, it was possible to redefine, design and implement five different versions of the Geometric Figures Cooperative Game to be played exclusively by agents. Computational agents are active virtual entities, inserted in an environment, capable of acting considering information perceived from the environment and/or from other agents and, as the human beings, they can cooperate. It is in this context that the notions coming from Genetic Epistemology contribute in the conduction of studies and researches on agents. The 510 accomplished tests allowed to analyze especially the cooperation in the action among those agents, aspects related to their values, and elements that influence its decision taking. The same tests contributed to validate the group of Piagetian Requirements for an Architecture for Agents and Multi-agentes Systems.

This work also makes a contribution from the viewpoint of articulation between computer science and education. It proposes principles to a modelling process for work teams, that include from the proposition to the accompaniment of those works. It is a proposal that aims to support proposers and executioners of activities accomplished by teams. This proposition starts in the area of multi-agent systems, and aims the pedagogical work developed by human beings. These principles open immediate possibilities of theoretical-conceptual, computational and experimental research.

Key words: RePiarq. Cooperation in action. Piagetian agents. Requirements for computational agents. Piagetian values. Piagetian groupments

1 Introdução

A cooperação é uma situação freqüente entre seres humanos, e por sua operacionalidade e aplicabilidade, apresenta características desafiadoras, do ponto de vista de compreendê-la em sua prática. De maneira empírica, ela pode ser observada quando dois ou mais indivíduos estão realizando uma atividade em conjunto, desde aquelas mais elementares, como mudar móveis de lugar, até as mais elaboradas, como construir uma teoria.

Nestas atividades, com maior ou menor grau, os indivíduos envolvidos estão realizando trocas, e estão empenhando ali seus recursos individuais. Essas trocas podem ser de naturezas diversas incluindo as pecuniárias, o auxílio despretensioso, a prestação de um serviço, um interesse intelectual mútuo, entre muitas outras.

Independentemente da natureza da troca, para que a cooperação se efetive, é necessário que seus participantes empreguem certas estruturas cognitivas naquela situação. Essas estruturas são compostas por elementos mentais construídos e empregados pelos indivíduos nas interações que realizam e que, para serem analisadas, precisam ser consideradas de um ponto de vista relativamente estático. É necessário também, para que a cooperação se efetive, que sejam coordenadas as ações individuais de maneira que sejam organizadas de acordo com os requisitos da atividade que a requer.

Uma das abordagens para responder ao desafio de compreender a cooperação é investigar os componentes cognitivos dos indivíduos que dela participam, bem como daqueles decorrentes das relações sociais que se estabelecem em sua efetivação.

Um dos autores que aprofundou os estudos sobre a cognição humana foi Jean Piaget. Sua vida e obra foram dedicadas a este fim. Mesmo sendo seu enfoque principal o indivíduo, enquanto sujeito epistêmico, ele sempre destacou a importância dos aspectos sociais na vida deste indivíduo. Para Piaget, o mecanismo operatório das ações que o indivíduo realiza no meio em que vive (operações sujeito/objeto) é o mesmo daquele referente às operações que realiza quando estão envolvidos outros indivíduos (operações sujeito/sujeito). Esta concepção contribui na condução teórica da abordagem adotada para este trabalho, visto suas perspectivas individuais e sociais.

Partindo dos pressupostos da Epistemologia Genética de Jean Piaget, é possível compreender alguns e inferir sobre outros aspectos componentes do processo de cooperação realizado pelos seres humanos, e tomar essas noções e aplicá-las a agentes computacionais.

Agentes computacionais são entidades virtuais ativas, inseridas em um ambiente, capazes de nele atuar considerando informações dele percebidas e/ou de outros agentes, e, a exemplo dos seres humanos, podem cooperar entre si. É neste contexto que as noções sobre cooperação, advindas da Epistemologia Genética, podem contribuir na condução de estudos e pesquisas sobre agentes computacionais, e, em particular, sobre agentes computacionais cooperativos, como é o caso do presente trabalho.

Nele, o que se fez foi estudar, sistematizar, interpretar, modelar e realizar experimentos tendo como fundamento teórico principal a Epistemologia Genética tanto para contribuir com as discussões sobre a cooperação humana quanto para empregá-las a fim de definir um conjunto de requisitos para agentes computacionais e sistemas multiagente.

Neste capítulo são apresentados os objetivos, motivações, delimitações, justificativas, metodologia e organização deste texto cujo objetivo principal foi definir “*A Cooperação na Ação e Uma Especificação de Requisitos para Agentes e Sistemas Multiagente Fundamentadas na Epistemologia Genética*”.

1.1 Objetivos

Os conceitos e fundamentos que explicam, viabilizam e dão sustentação às interações sociais de onde se origina a cooperação enfocada neste trabalho estão dispersos nos diversos trabalhos que compõem a totalidade da Epistemologia Genética¹.

Em parte, esta dispersão decorre da opção de Piaget pelo estudo do sujeito epistêmico, e não pelas relações entre um conjunto de sujeitos em interação e, em parte, porque a teoria do sujeito epistêmico é válida para compreender as relações existentes entre um conjunto de sujeitos em interação.

Reunir, estudar e analisar esses conceitos e fundamentos, inclusive através de experimentos práticos, permite não apenas sistematizar o processo da cooperação humana sob este enfoque, mas também fazer inferências e construções sobre ele.

Assim, o objetivo deste trabalho é interpretar a cooperação humana no contexto da Epistemologia Genética visando empregá-la enquanto fundamento teórico para definir um conjunto de requisitos para agentes e sistemas multiagente.

1.2 Motivação

Os principais elementos que motivaram a realização deste trabalho decorrem de interesses acadêmico-profissionais. Enquanto docente, sempre existiram inquietações, insatisfações e até frustrações com perguntas e respostas a respeito das explicações (como, por que, quando, onde, quem, etc.) e das conseqüências significativas em termos de construção de conhecimento, decorrentes da ação de dois ou mais indivíduos que realizam atividades conjuntas.

Através do trabalho docente já se havia percebido, ainda que empiricamente, que atividades feitas em conjunto por alunos normalmente são mais ricas, mais produtivas, mais instigantes. Mas também mais geradoras de conflitos, de insatisfações, de fragmentações. Já se havia percebido também as diferenças de desempenho de integrantes deste tipo de atividade, que vão desde o simples cumprir de tarefas, até a busca e o alcance de resultados para além dos esperados. A questão que se colocava, portanto, era a de compreender que elementos estariam presentes antes, durante e depois da realização dessas atividades.

Esta compreensão permitiria interferir na prática pedagógica deste tipo de atividade, a fim de adequá-la, melhorá-la, enfim, utilizá-la com maior conhecimento considerando suas potencialidades e limites. Assim se poderiam conduzir trabalhos conjuntos, do início ao fim, com maior qualidade e máximo rigor científico possíveis.

Além disso, sendo proveniente da computação² e tendo a área da Inteligência Artificial (IA) como principal interesse, as possibilidades de pesquisa relativas ao trabalho em conjunto

¹ A farta obra de Piaget foi escrita desde o início dos anos 1920 até sua morte em 1980, e, segundo a *Foundation Archives Jean Piaget*, inclui 95 livros e 600 publicações, entre artigos, prefácios, conferências, etc. Deste conjunto, várias foram as referências consultadas para a elaboração deste trabalho, mas aquelas mais utilizadas foram: (PIAGET, 1975), (PIAGET, 1976a.), (PIAGET, 1990), (PIAGET, 1959), (PIAGET, 2000), (PIAGET, 1976), (PIAGET, 1973), (PIAGET, 1978), (PIAGET; INHELDER, 1979a.), (PIAGET, 1975), (PIAGET, 1979), (PIAGET, 1994), (PIAGET, 1996), (PIAGET, 1983), (PIAGET, 1977), (PIAGET, 1980), (PIAGET, 1999), (PIAGET; INHELDER, 1993), (PIAGET; INHELDER, 1970), (PIAGET; INHELDER, 1983), (PIAGET, 1942), (PIAGET, 1980a), (PIAGET, 1976), (PIAGET, 1996a), (PIAGET, 1992).

² A autora graduou-se em Processamento de Dados (Bacharelado, pela Universidade Estadual de Ponta Grossa/PR), fez especialização em Fundamentos da Educação na Universidade Estadual do Oeste do Paraná, (UNIOESTE) e Informática na Educação no Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná (CEFET/PF)

e a temas afins tinham e têm se mostrado um campo fértil e promissor, além de bastante interessante.

Aliado a esses interesses está uma afinidade com a pesquisa no contexto da Inteligência Artificial Construtivista (IAC)³. A IAC se propõe a integrar a teoria de Jean Piaget com a IA, e uma de suas subáreas é aquela que trabalha com agentes computacionais. Este tem sido o principal enfoque de pesquisa realizado nos últimos cinco anos pela autora e nos últimos três anos pelo Grupo de Estudos e Pesquisas em Agentes Computacionais (GEPAC) da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), do qual a autora é uma das coordenadoras, e que está vinculado ao Grupo de Inteligência Artificial (GIA), cadastrado junto ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

1.3 Opções e justificativas

Para este trabalho, a questão inicial era compreender a cooperação no contexto da Epistemologia Genética e identificar as condições necessárias para viabilizá-la. Feito isto, poder-se-ia definir como tratá-la, tanto do ponto de vista de agentes humanos quanto de agentes computacionais.

Jean Piaget propôs uma resposta a esta questão. E como se optou por tomar as teses deste autor como eixos principais de sustentação teórica deste trabalho, antes de explicar como ele concebe a cooperação, a seguir se faz uma discussão sobre os motivos que levaram a esta opção.

Jean Piaget é um dos mais importantes teóricos e experimentalistas do domínio da psicologia do conhecimento. Sua vasta obra, escrita desde os anos 1920 até sua morte em 1980, inclui temas que vão dos aparentemente muito simples, como as primeiras reações dos bebês, até complicadas considerações teóricas sobre relações entre a biologia e o conhecimento.

Não obstante o cuidado constante que Piaget tinha em acrescentar idéias, elaborações, novos fatos a seus trabalhos antecedentes (que geralmente visavam esclarecer, filtrar, sintetizar), os temas abordados por ele deixaram lacunas, dúvidas e espaços para revisões (MONTANGERO; MAURICE-NAVILLE, 1998, p. 16). Aliado a isso, o fato de que Piaget escrevia da maneira como pensava, coerente com sua idéia de que “[...] não podia pensar sem uma caneta nas mãos” (MACEDO, 2005, p. 6), faz com que sua obra, como a de tantos outros pensadores, não seja de fácil compreensão, e também não esteja acima de qualquer crítica.

Mesmo levando em consideração as duas questões apontadas no parágrafo anterior, foram identificadas pelo menos oito razões (MONTANGERO; MAURICE-NAVILLE, 1998), (FRANCO, 1996), (BECKER, 1999) que justificaram a tomada de sua obra como fundamento

e cursou mestrado em Ciência da Computação com ênfase em Inteligência Artificial pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Desde 1994 trabalha como docente da UNIOESTE na área da Computação.

³ O termo "Inteligência Artificial Construtivista" abrange a integração entre a Inteligência Artificial e a Epistemologia Genética de Jean Piaget. A integração ocorre em duas vias: aquela em que a IA assimila elementos advindos da teoria piagetiana (IA ← Piaget), e aquela em que é a teoria piagetiana que assimila elementos da IA (Piaget ← IA). A integração IA ← Piaget ocorre quando o pesquisador da IA utiliza a teoria de Piaget aplicando-a em sistemas artificiais, visando fazer avançar as pesquisas relativas à simulação de fenômenos cognitivos nesses sistemas. A integração Piaget ← IA ocorre quando o pesquisador de Psicologia Genética utiliza o instrumental desenvolvido pela IA aplicando-o na teoria piagetiana, visando reforçá-la, criticá-la ou atualizá-la (COSTA, 1994).

teórico para compreender questões relativas ao desenvolvimento cognitivo humano, inclusive a cooperação:

- 1) A fecundidade de sua obra; conhecê-la suscita reflexões, críticas, explicações e idéias de pesquisa.
- 2) Grande parte de suas idéias foi precursora, e ainda faz parte das perspectivas e conceitos da psicologia atual.
- 3) Constitui a mais completa teoria de desenvolvimento cognitivo humano, visto que trata do período que vai do nascimento à idade adulta.
- 4) A existência de grande quantidade de fatos experimentais referentes ao desenvolvimento do conhecimento, especialmente da criança, resultantes de intensa atividade de pesquisa em conjunto com colaboradores de talento.
- 5) O fato de que essa teoria procura afastar-se da especulação, estudando a gênese das estruturas e dos conceitos científicos.
- 6) Trata-se de um pensamento não linear – ele é dialético; envolve a idéia de provisoriedade e de simultaneidade, tanto do sujeito e do objeto, quanto da estrutura anterior e nova, presentes no processo de interação e desenvolvimento.
- 7) Abrange, em especial, temas psicológicos e éticos com conseqüências diretas no plano pedagógico.
- 8) É um instrumento metodológico para pensar e repensar sobre os avanços que ocorreram nas últimas décadas no contexto da IA.

Estas foram as principais justificativas que conduziram à opção pela Epistemologia Genética como principal fundamento teórico deste trabalho. É nela, portanto, que se foi buscar os principais conceitos aqui tratados, inclusive o conceito de cooperação.

A explicação dada por Piaget para a *cooperação* é simples. Para ele, cooperar é realizar *operações* conjuntas. *Operações* são ações interiorizáveis que podem ser revertidas e que se coordenam em estruturas formando sistemas. Elas são aplicáveis tanto a objetos quanto a indivíduos. Quando as operações são deste último tipo, ou seja, quando são executadas por dois ou mais indivíduos, é que a cooperação pode ser possível.

Existem dois tipos especiais de operações, as *concretas* e as *formais*. A capacidade de efetuar um ou outro tipo de operação está associada à capacidade de cooperar de uma ou de outra maneira.

Se as operações que o indivíduo realiza se limitam à leitura de dados visando a classificá-los, seriá-los, efetuar correspondências, dentre outras, significa que ele está operando concretamente, e, portanto, é capaz de *cooperar na ação*.

Se o indivíduo executa essas mesmas operações, porém, tentando dissociar e interpretar os fatores em questão a fim de verificar hipóteses através de conseqüências, significa que está operando formalmente e, como tal, é capaz de *cooperar na ação e cooperar no pensamento*.

Para melhor compreender a cooperação portanto, é imprescindível aprofundar estudos na natureza operatória das estruturas cognitivas, características desses dois últimos períodos do desenvolvimento cognitivo humano. Porém, considerando a abrangência e a profundidade requeridas para este estudo, optou-se por centrar as pesquisas no *terceiro período*, o operatório concreto, e as razões para isso são apontadas a seguir.

- 1) É neste período que se constituem os *grupos operatórios*, estruturas cognitivas fonte e meio de viabilização das operações concretas tanto no âmbito individual

quanto no coletivo (cooperação). Estas estruturas têm riqueza e complexidade intrínsecas.

- 2) Nos *grupamentos* está a origem e a sustentação da cooperação na ação. É no terceiro período que as relações sociais têm um impulso significativo, e é também nele que tem início a revisão da escala de valores pessoal do indivíduo, visto esta não ser mais constituída basicamente por imposição social.
- 3) A *cooperação na ação* é, em grande parte, composta por operações que são passíveis de serem acompanhadas passo a passo, visto que se aplicam a *objetos tangíveis*; isto facilita sua proposição e análise.
- 4) É sobre o *período operatório concreto* que o período operatório formal, que viabiliza a cooperação em pensamento, se funda e constitui.

Os estudos centrados no período operatório concreto mostram que uma das principais estruturas (ou subestrutura) cognitiva presente no processo de cooperação é aquela que opera com valores, denominada *grupamento de valores*. O grupamento de valores é constituído e se constitui a partir de fatos sociais, afetivos, e estes são entendidos como interações ou trocas que se apresentam sob a forma de valores qualitativos.

Esses valores podem se organizar em escalas. Uma escala de valores é construída pelo indivíduo a partir de seus interesses, prazeres, afetividade, contexto social, etc. Ela constitui a vontade deste indivíduo, os motivos que o impulsiona ou não a agir com maior ou menor intensidade, bem como fornece subsídios para que ele possa avaliar tudo e todos a seu redor. Esses valores são variáveis e estão presentes em todas as interações, visto que nelas há sempre um aspecto subjetivo que pode ser qualificado. Portanto, no contexto do período operatório concreto, é preciso compreender o grupamento de valores.

Piaget e seus colaboradores, centraram seus estudos e pesquisas no grupamento lógico-matemático, mas não o fizeram com igual ênfase no que se refere ao grupamento de valores. Assim, para atingir este último foi necessário compreender o primeiro, ou seja, as inferências sobre o grupamento dos valores se deram a partir de seu isomorfismo com o grupamento lógico-matemático.

Todos estes motivos levaram à opção por trabalhar com a *cooperação na ação*, que é característica do período operatório concreto. Isso decorreu, essencialmente, porque:

- 1) A cooperação na ação, apesar de sua complexidade em si, ainda é uma atividade mais simples que a cooperação no pensamento (ambas discutidas no capítulo três). A primeira refere-se a operações (geralmente físicas) executadas em comum, e a segunda envolve construções teóricas com uso de pelo menos uma linguagem. Este motivo, aliado ao fato de que se optou por trabalhar com agentes computacionais para viabilizar análises a respeito, faz com que as implementações correspondentes estejam mais de acordo com o atual estado da arte do desenvolvimento desses agentes. Ou seja, os requisitos necessários para viabilizar a construção de agentes computacionais capazes de cooperar no pensamento é ainda um campo todo em aberto.
- 2) Sendo a cooperação na ação uma atividade que o sujeito epistêmico normalmente realiza antes de ser capaz de cooperar no pensamento, e considerando que, na teoria piagetiana, uma nova estrutura (INRC) é construída sobre a estrutura antiga (grupamentos), bem como o fato de que a autora tem intenção de levar a diante outras pesquisas no contexto da cooperação piagetiana, julgou-se mais adequado centrar os trabalhos na cooperação na ação. O conhecimento sobre o período

operatório concreto, no qual a cooperação na ação é característica, é importante para compreender o período operatório formal no qual a cooperação no pensamento é característica.

Feita a opção, no sentido de pressupostos, pelos estudos e pesquisas no *período operatório concreto*, enfatizando a *cooperação na ação* e os *grupamentos lógico-matemáticos e de valores*, foram, portanto, identificadas pela autora as seguintes hipóteses:

- 1) Diversos são os fatores que influenciam no processo de *cooperação* entre indivíduos, mas o principal deles decorre dos valores dos indivíduos envolvidos.
- 2) Os *valores* são noções qualitativas que se organizam em escalas. Distinguem-se pelo menos duas delas, as escalas presentes nas sociedades, ditas *sociais*, e aquelas que são *personais* aos indivíduos. As escalas de valores pessoais são influenciadas e influenciam as escalas sociais. Os valores componentes das escalas de valores pessoais nelas se organizam conforme as interações e acabam por influenciar nos papéis que os indivíduos desempenham.
- 3) São identificáveis as diferenças e as relações entre os valores *personais* e os valores *de troca*. Os valores pessoais são construídos pelo indivíduo durante sua existência; são eles que direcionam sua vida, visto que regulam seus interesses e suas avaliações. Os valores de troca, muito mais efêmeros que os pessoais, são utilizados nas interações que o indivíduo realiza com outros indivíduos. Os resultados das avaliações dessas interações podem ou não interferir em seus valores pessoais. Dentre os valores de troca estão aqueles decorrentes de trocas de serviços.
- 4) A existência de isomorfismo entre os grupamentos (conceitos discutidos especialmente nos capítulos dois e quatro) sustenta a concepção de que o sujeito epistêmico lida com seus *valores* de maneira racional.
- 5) As noções envolvidas no processo de cooperação entre indivíduos são fontes de inspiração para propor um conjunto de requisitos para uma arquitetura para agentes computacionais cooperativos e sistemas multiagente.

Ora, essas hipóteses precisavam ser estudadas, analisadas, de maneira coerente com a metodologia construtivista adotada (discutida na próxima seção). Porém, a possibilidade de desenvolver experimentos através do Método Clínico⁴, o método tradicional piagetiano, não se mostrava promissora, pois as modestas tentativas realizadas mostraram-se incipientes⁵. Por este motivo, optou-se por realizar experimentos práticos empregando uma abordagem alternativa a ele.

⁴ Este método consiste em situações em que o experimentador interage com o indivíduo sem um roteiro pré-estabelecido, para, a partir da observação e da reflexão motivada por hipóteses, tentar compreender, validar, reforçar ou refutar tais hipóteses (Franco, 1996).

⁵ Ainda antes de iniciar o doutorado, cursando especialização em Fundamentos da Educação na UNIOESTE, houve oportunidade, em uma disciplina intitulada Fundamentos Psicológicos da Educação, de realizar algumas provas piagetianas. Naquela oportunidade essas provas foram conduzidas com o apoio da professora doutora Maria Lídia Szymanski. Mais tarde, já no doutorado, houve oportunidade, ao cursar as disciplinas de Fundamentos de Psicologia Cognitiva I e II no Programa de Pós Graduação em informática na Educação (PGIE-UFRGS), de realizar outras provas cujos resultados foram analisados também com o auxílio da professora doutora Léa da Cruz Fagundes. Em ambos os casos, as professoras eram doutoras em psicologia, com larga experiência na aplicação do Método Clínico. Posteriormente tentou-se aplicar o Método Clínico com alunos do terceiro grau e com crianças de uma creche em Cascavel-PR. Os resultados obtidos, cujas análises foram feitas sem apoio de psicólogos, foram, a nosso ver, incipientes e questionáveis, visto parecerem ser apenas fruto do que se pretendia efetivamente encontrar.

A possibilidade mais adequada⁶ foi a de conduzir essas aplicações tendo como apoio o uso de software. Os softwares definidos e implementados assim o foram tendo como fundamento teórico a Epistemologia Genética. Procurou-se extrair daquela teoria os principais conceitos associados às hipóteses levantadas para que, através deles, se pudesse estudá-las e analisá-las.

Assim, optou-se por utilizar softwares (modelados e implementados exclusivamente para este trabalho) como elementos viabilizadores dos estudos e análises a serem feitas com os dois tipos de agentes, os humanos e os computacionais. As grandes vantagens em utilizar software para apoiar este tipo de atividade são o fato de que condições muito semelhantes podem ser proporcionadas quantas vezes forem necessárias, além de se poder armazenar determinados comportamentos do usuário para análise detalhada posterior.

Quanto às atividades com agentes humanos, optou-se por definir, modelar e implementar alguns softwares que apoiassem o trabalho realizado com grupos de pré-adolescentes. A escolha por esse público-alvo se deveu ao fato de que eles se encontram na faixa etária entre onze e doze anos e, portanto, terem grandes chances de estarem no período final do terceiro estágio do desenvolvimento cognitivo, fase na qual a cooperação se torna efetiva. Os softwares foram utilizados nas atividades de verificação quanto às características da estrutura cognitiva dos indivíduos participantes, bem como para oportunizar situações, através de um jogo, que permitiram o acompanhamento de atividades de cooperação.

Quanto aos requisitos para os agentes computacionais, eles foram sendo refinados e utilizados simultaneamente. A última implementação foi feita utilizando os requisitos efetivamente propostos neste trabalho (Seção 8.4.3).

1.4 Metodologia e atividades

Este trabalho foi conduzido empregando dois tipos de metodologia, uma para o trabalho realizado com agentes humanos e outra para o trabalho realizado com agentes computacionais. Antes, porém, de explicitar como as atividades foram desenvolvidas, um comentário sobre a influência do construtivismo piagetiano na condução dessas metodologias.

Entende-se que uma tese de doutorado possui dois objetivos gerais: a elaboração de um trabalho e a formação de seu autor. Portanto, uma tese é construída afetando simultaneamente a construção e seu construtor. Esta concepção permeou este trabalho desde seu início até o presente momento, que se considera, não é conclusivo; trata-se apenas de mais uma fase.

Este trabalho foi sendo realizado sempre apoiado na busca bibliográfica constante, principalmente na piagetiana, e em experiências práticas. Isto porque se compreendeu que, para sua condução, era preciso aprender muito e, para isso, assumindo-se “piagetianamente” que a construção do conhecimento é um processo em espiral, era preciso enfrentar os desequilíbrios causados pelos objetivos e hipóteses deste trabalho através de estudos e análises de experimentos práticos, também em um movimento em espiral. Assim, se poderiam testar hipóteses, refiná-las, corrigi-las.

Desde o começo, o desafio foi efetivamente compreender e experimentar a cooperação aos moldes piagetianos. Estava claro o interesse na cooperação humana e na computacional,

⁶ Sendo da área da computação, e tendo que realizar os experimentos longe da sede do PGIE/ UFRGS (os experimentos foram realizados em Cascavel-PR, distante 840 km de Porto Alegre), e tendo previsto a necessidade de realização de diversos deles, seria mais coerente realizar atividades que dependessem mais do trabalho e experiência da própria autora.

mas nada estava claro quanto a como conduzir os trabalhos. Tudo foi sendo construído ao longo da própria condução dos trabalhos.

Assim, na medida em que se avançava no conhecimento teórico eram propostos e realizados novos experimentos. Com seus resultados eram adquiridos novos conhecimentos que, por sua vez, traziam consigo novas hipóteses que acabavam por orientar outros estudos e experimentos. Ao todo, foram implementados vinte e um softwares que foram submetidos a aproximadamente quinhentos testes. Além disso, foram realizados dois conjuntos de entrevistas.

Julgou-se necessário fazer esses comentários para melhor explicar que, ao explicitar as metodologias utilizadas neste trabalho, é preciso considerar que, estando elas definidas e subjacentes, sua utilização foi dinâmica, tanto na elaboração e análise dos experimentos com agentes humanos quanto na definição dos requisitos para agentes computacionais.

Para a condução dos experimentos a respeito da cooperação entre agentes humanos foi preciso empregar um método específico das ciências sociais, o *Método Monográfico*, e associá-lo à *Pesquisa de Laboratório*.

Seguindo a taxonomia de Lakatos e Marconi, o Método Monográfico requer a observação de um ou mais fatos, vistos de seus diversos aspectos em seus detalhes. Ele foi empregado originalmente por Frédéric Le Play (figura-chave no processo de formação das ciências sociais) para estudar famílias operárias da Europa. Consiste no estudo de determinados indivíduos, profissões, condições, grupos, comunidades, com a finalidade de obter generalizações. Parte do princípio de que “[...] qualquer caso que se estude em profundidade pode ser considerado representativo de muitos outros ou até de todos os casos semelhantes” (LAKATOS; MARCONI, 1989, p. 81).

O tipo de pesquisa a ser realizada, seguindo a taxonomia de João Álvaro Ruiz é denominado *Pesquisa de Laboratório*. A Pesquisa de Laboratório permite que o pesquisador produza fenômenos em condições de controle. Podem-se reproduzir fenômenos dentro de um plano de modificações sistemáticas das variáveis de um determinado evento com o objetivo de descobrir as condições responsáveis por ele. As etapas da pesquisa de laboratório são: a observação, a hipótese, a experimentação, a indução ou a ampliação da conclusão que permite previsões e domínio da natureza (RUIZ, 1982, p. 53).

Então, através do Método Monográfico e da Pesquisa de Laboratório, procurou-se definir condições para que se pudessem analisar situações de cooperação na ação entre indivíduos, durante sua prática.

Como já mencionado, do ponto de vista piagetiano, os indivíduos que primeiro (no contexto do desenvolvimento cognitivo) são capazes de efetuar este tipo de cooperação são os pré-adolescentes, cujas estruturas cognitivas são aquelas características do final do período operatório concreto. Dentre essas características está o fato de que esses indivíduos operam melhor em situações em que lidam com objetos físicos do que em situações abstratas e, em particular, sabem realizar classificações e estabelecer relações.

Para realizar qualquer experimento aos moldes piagetianos, o ideal é efetuar verificações quanto às características das estruturas cognitivas dos indivíduos participantes das atividades propostas (e a maneira clássica de assim proceder é empregar o Método Clínico). Neste trabalho, foram definidos e utilizados programas computacionais tanto para propiciar condições para analisar a prática da cooperação na ação quanto obter indicativos quanto à caracterização da estrutura cognitiva dos indivíduos participantes.

Quanto à necessidade de criar condições para observar a prática da cooperação na ação, definiu-se e implementou-se um jogo em que dois ou três indivíduos, além de um agente computacional denominado *Agente Jogador*, utilizam cartas de um baralho de figuras geométricas, e, para vencer o jogo, a exemplo do Jogo de Dominó, devem descartar todas elas antes do adversário.

Quanto à necessidade de tentar caracterizar as estruturas cognitivas dos participantes, mais especificamente, tentar identificar se já eram capazes de efetuar classificações e relações, um dos pré-requisitos na teoria piagetiana para que o indivíduo seja capaz de cooperar, alternativamente ao Método Clínico, optou-se por organizar em um software um conjunto de perguntas e respostas pré-definidas. Através de sorteio, perguntas de um conjunto total foram feitas aos pré-adolescentes participantes. Esta atividade viabilizou o armazenamento de registros contendo elementos do comportamento desses indivíduos enquanto respondiam a estas perguntas, possibilitando uma análise detalhada.

Definidos os dois tipos de software, foi preciso ainda levar em conta duas situações: o uso de objetos não concretos por parte dos pré-adolescentes e a necessidade de que eles fossem capazes de manipular softwares. Quanto à primeira situação, não era possível inferir sobre possíveis diferenças quanto a operações realizadas por eles ao jogar utilizando o computador, uma vez, que ao invés de objetos reais, físicos (na teoria piagetiana, forte característica dos indivíduos que estão no período operatório concreto), estariam lidando com objetos “virtuais”. Visando poder analisar também este aspecto, um dos estudos de caso foi estruturado de maneira como os participantes executaram o jogo tanto empregando cartas de um baralho real quanto cartas do baralho “virtual” (Seções 7.1. e 7.1.5.2).

Quanto à segunda questão, a preocupação com relação à facilidade de manipulação dos softwares fez com que se procurassem criar condições para que os indivíduos utilizassem os softwares de maneira tão intuitiva como quando utilizando objetos concretos. Para isso, procurou-se observar recomendações quanto a aspectos que pudessem contribuir para a melhoria da qualidade ergonômica do software (Seção 7.1.1).

Por fim, foram organizados grupos de pré-adolescentes que foram conduzidos a salas específicas (laboratórios) contendo computadores ligados em rede, para que jogassem. Depois disso, esses grupos foram entrevistados.

Optou-se por realizar entrevista considerando suas duas grandes vantagens: permite o aprofundamento da percepção do sentido que os indivíduos atribuem às suas ações e o contato direto permite argumentação com relação às perguntas e respostas (SAMPAIO, 2005).

Quanto aos requisitos piagetianos para uma arquitetura para agentes e sistemas multiagente, do ponto de vista da computação, metodologicamente o que se fez foi realizar as atividades já clássicas componentes do processo de engenharia de requisitos. Portanto, esses requisitos foram elicitados, analisados e validados (SOMMERVILLE; KOTONYA, 1997).

O processo de elicitação foi feito junto à bibliografia disponível, em especial os trabalhos de Piaget e colaboradores, além das observações feitas através dos experimentos realizados com os pré-adolescentes. A análise desses requisitos se deu através de sua prototipação, técnica que permite construir um software, mesmo que parcialmente, avaliá-lo e dar continuidade à sua implementação, complementando-o, melhorando-o, corrigindo-o (SOMMERVILLE, 2003) e (PRESSMANN, 1995). Essas características também estão condizentes com a metodologia construtivista adotada para todo o trabalho.

A validação dos requisitos foi feita através de sua utilização na construção dos softwares que envolveram exclusivamente agentes computacionais. Cabe reafirmar que o conjunto de requisitos proposto decorre de uma tentativa de articular algumas das concepções

piagetianas, a fim de sistematizar e sintetizar a maneira como o indivíduo interage, em especial em situações de cooperação, com a pesquisa em sistemas multiagente.

O objetivo dos softwares definidos, modelados e implementados em forma de jogo foi a de permitir a análise da cooperação realizada entre agentes computacionais durante a execução de uma partida (ganha a equipe que primeiro descartar as peças do baralho de figuras geométricas), bem como contribuir para a definição do conjunto de requisitos que se queria propor. Os experimentos foram realizados em três etapas evolutivas.

A primeira refere-se aos trabalhos com as três primeiras versões do software, que foram implementadas a partir do jogo utilizado nos estudos de caso envolvendo os pré-adolescentes. Nessas versões, uma das equipes é formada apenas pelo Agente Jogador, enquanto a outra equipe é composta por três agentes que devem cooperar para vencê-lo. Esses agentes podem, em cada versão, apresentar características específicas: ser reativo, individualista ou cooperativo, exclusivamente (características definidas a partir dos estudos feitos com agentes humanos e melhor discutidas no capítulo oito).

Um agente reativo é aquele que, na sua vez de jogar, descarta a primeira peça que atende às regras do jogo dentre aquelas de que dispõe. Um agente individualista é aquele que visa ser o vencedor entre seus companheiros, ou seja, ser o primeiro a descartar todas as peças e dar a vitória à equipe. Um agente cooperativo é aquele que procura auxiliar o agente dentro de sua equipe que possui mais chances de vitória (aquele que tem menor quantidade de peças).

Na segunda etapa o software desenvolvido permitiu combinar, em cada jogada, características diferentes para os componentes da equipe. Na quinta etapa, deixou de existir a figura do Agente Jogador. Nela passaram a existir duas equipes formadas por três agentes cada uma, e as características de cada um deles (ou o conjunto deles) pode ser definida.

Cabe dizer que esta abordagem de construir softwares também está teoricamente consistente com a perspectiva piagetiana, visto que o próprio Piaget ressaltava a importância da IA na pesquisa sobre a cognição. Para ele, um dos meios mais instrutivos para analisar ações entre indivíduos é

[...] construir, em equações ou em máquinas, modelos de 'inteligência artificial' e fornecer dela uma teoria cibernética para atingir as condições necessárias e suficientes, não de sua estrutura em abstrato (a álgebra faz isso), mas de sua realização efetiva e de seu funcionamento. (PIAGET, 1979, p. 57).

Ao longo da realização deste trabalho foram, portanto, sendo coletados subsídios através da literatura e da realização de experimentos enfatizando a *cooperação na ação entre agentes humanos* e a *cooperação entre agentes computacionais*.

Estes estudos e experimentos foram empregados como base para atingir os dois objetivos específicos deste trabalho: relatar e discutir *observações sobre a cooperação* na ação entre agentes humanos, viabilizadas por software implementado para este fim e especificar um *conjunto de requisitos* para uma arquitetura para agentes computacionais e sistemas multiagente e utilizá-lo em implementações.

1.5 Organização do Texto

O restante deste texto está assim organizado:

O capítulo dois apresenta uma discussão sobre a teoria piagetiana para o desenvolvimento cognitivo individual e social humano e aborda questões sobre isomorfismos entre as estruturas operatórias individuais e as estruturas operatórias que viabilizam as operações no contexto coletivo.

O capítulo três discorre sobre três temas de importância para este trabalho: a cooperação, os valores e a autonomia na perspectiva piagetiana.

O capítulo quatro apresenta os grupamentos lógico-matemáticos, capítulo elaborado principalmente a partir da obra “Ensaio de Lógica Operatória” (PIAGET, 1976). O aprofundamento deste tema foi feito usando uma notação e linguagem mais atual, comparativamente com o texto original e sua principal função é permitir considerações sobre o isomorfismo dos grupamentos lógico-matemáticos com os grupamentos de valores.

O capítulo cinco faz uma contextualização sobre a Inteligência Artificial Construtivista e particulariza aspectos sobre agentes computacionais.

O capítulo seis apresenta uma revisão bibliográfica sobre arquiteturas para agentes computacionais que empregam normas, valores, e noções advindas da teoria piagetiana em seus trabalhos.

O capítulo seis apresenta a definição de um conjunto de Requisitos Piagetianos para uma Arquitetura de Agentes Computacionais e Sistemas Multiagente bem como estabelece uma relação entre esses requisitos e as arquiteturas discutidas no capítulo anterior.

O capítulo oito apresenta dois estudos de caso envolvendo pré-adolescentes, e tece comentários sobre a cooperação na ação humana, enfatizando aspectos referentes aos valores.

O capítulo nove apresenta os estudos de caso envolvendo agentes computacionais, e tece comentários sobre esses experimentos do ponto de vista da utilização do conjunto de Requisitos Piagetianos para uma Arquitetura de Agentes Computacionais e Sistemas Multiagente.

O capítulo dez introduz e discute alguns princípios de um processo de modelagem de trabalhos em equipe, que incluem desde a proposição até o acompanhamento dos trabalhos. Esses princípios foram construídos partindo da área de sistemas multiagente (computacional) tendo em vista o trabalho pedagógico desenvolvido por agentes humanos (educacional).

O capítulo onze apresenta as principais considerações deste trabalho de tese, bem como os trabalhos futuros que se considera importante serem retomados e/ou realizados.

Por fim, são apresentados as referências bibliográficas e os anexos.

2 Desenvolvimento individual e social do sujeito epistêmico

Em seus trabalhos, Jean Piaget empenhou grande esforço na tentativa de explicar o desenvolvimento intelectual individual, ou seja, como se constroem e se ampliam as estruturas cognitivas do indivíduo humano. Por privilegiar este aspecto, muitas vezes foi incompreendido e criticado por outros teóricos. Porém, Piaget sempre foi explícito com relação à sua opção de pesquisa, o *sujeito epistêmico universal*, sem, entretanto, deixar de reconhecer, e mais do que isso, de apontar, a importância da vida social no desenvolvimento intelectual desse sujeito que buscava compreender.

Para Piaget, o indivíduo não é constituído separadamente pelo homem físico, o homem mental e o homem social, quer se superpondo, quer se sucedendo. Para ele, existe um todo único, percebido enquanto organismo biológico que é determinado inicialmente pela herança hereditária e por um conjunto de condutas que comportam componentes mentais e sociais, em graus diversos.

Neste trabalho, são estudados, no contexto da teoria piagetiana, alguns dos aspectos mentais entendidos como individuais e alguns entendidos como sociais, mas que podem ser analisados em conjunto. Na próxima seção são abordados os principais aspectos do desenvolvimento individual enfocando a constituição e funcionamento das estruturas cognitivas. Na seção seguinte são apresentados os períodos de desenvolvimento cognitivo, apontando também aspectos do ponto de vista social.

2.1 O desenvolvimento do sujeito epistêmico: aspectos individuais

Piaget dedicou suas pesquisas a fim de definir um *modelo*⁷ para a estrutura⁸ cognitiva humana que viabiliza a formação e o desenvolvimento do conhecimento. Para isso, ele e seus colaboradores realizaram um grande número de experimentos com bebês, crianças e adolescentes visando compreender e estabelecer o referido modelo, a partir de uma abordagem original: o *Método Clínico*.

O Método Clínico é um método de intervenção no qual o experimentador interage com o indivíduo sem um roteiro pré-estabelecido, para, a partir da observação e da reflexão motivada por hipóteses, tentar compreender, validar, reforçar ou refutar tais hipóteses (FRANCO, 2000).

Os resultados destes experimentos reforçaram a concepção que Piaget tinha de que a estrutura cognitiva não se constituiria apenas através da herança genética (visão apriorista⁹),

⁷ O modelo é a representação proposta por Piaget decorrente da observação dos fenômenos em seus efeitos. Zélia Chiarottino explica que Piaget, “[...] não podendo observar o fenômeno senão em seus efeitos, lança-se à tarefa de explicá-lo através da criação de um modelo de sua estrutura. Esse modelo não se confunde com a noção de ‘organismo’ nem com a de ‘mecanismo’, justamente por se colocar num plano diferente do fenômeno, isto é, num plano abstrato, embora deva ser confirmado pela experiência.” (CHIAROTTINO, 1972, p. 5).

⁸ Estrutura no sentido “[...] da combinação dos elementos que a vida mental manifesta, considerada de um ponto de vista relativamente estático: por exemplo, diferentes planos da consciência, ou da predominância destas ou daquelas formas intelectuais.” (LALANDE, 1999, p. 347)

⁹ O apriorismo é a corrente que concebe que o conhecimento é produzido a partir de uma capacidade interna inata (nascida com o indivíduo).

nem apenas através da experiência (visão empirista¹⁰); ela se desenvolveria considerando ambos esses aspectos (visão da Epistemologia Genética¹¹).

As análises dos experimentos mostraram que o bebê, ao nascer, é dotado de recursos hereditários que lhe permitem realizar suas primeiras ações, mas que seu desempenho vai sendo melhorado a partir de sua interação com o meio onde vive. É assim que este bebê vai gradativamente aperfeiçoando a maneira como realiza suas ações. É na interação do bebê com o meio que vai sendo construída sua estrutura cognitiva, e sua estrutura cognitiva lhe permite adaptar-se cada vez melhor ao meio onde vive. A questão que se coloca, então, é explicar os processos e mecanismos envolvidos na construção efetiva da estrutura cognitiva do ser humano. Piaget se dispôs a realizar esta tarefa.

Para ele, um indivíduo sofre perturbações provenientes do meio em que habita. A expressão *perturbações* representa aquelas situações em que o ambiente onde o indivíduo está inserido o desafia, constrange, impõe, etc., de maneira mais ou menos intensa, exigindo-lhe uma resposta que tenda a restabelecer um equilíbrio entre as pressões e as respostas a elas.

Por exemplo, um recém-nascido, para manter-se vivo, precisa, dentre outras coisas, alimentar-se de maneira diferente daquela quando de sua vida intra-uterina. Esta nova situação é uma perturbação. Sabe-se que ele suga melhor nas duas ou três semanas do que nos primeiros dias de vida. Aos poucos ele generaliza este sugar e o aplica a tudo aquilo que toca. Isto significa que este bebê adquiriu um *esquema de assimilação*: ele sabe sugar.

Um *esquema de assimilação* (ou, simplesmente, *esquema*), um conceito aplicado por Piaget em todos os níveis de desenvolvimento cognitivo, é tudo aquilo que é generalizável em uma ação, uma “[...] unidade genérica da estrutura” (PHILLIS, 1969) cognitiva, ou ainda uma “[...] unidade de comportamento” (MONTANGERO; MAURICE-NAVILLE, 1998). Então o esquema sugar é aplicável e independe daquilo que é sugado. É assim que, a partir da combinação do esquema de sugar com o de pegar, que o bebê passa a pegar e sugar tudo o que alcança. Novos esquemas vão sendo derivados a partir das diferenciações e integrações dos já adquiridos, sendo que os primeiros são derivados das estruturas hereditárias.

O conjunto de esquemas de um bebê constitui sua estrutura cognitiva naquele momento. É por isso que o *saber X* pode ser entendido como uma *estrutura cognitiva* (composta por um ou mais esquemas) que habilita o bebê frente à situação *X*, e o habilita mais ou menos frente às situações X_1, X_2, X_3 , etc., relacionadas.

Quanto maior a diversidade da situação como, por exemplo, uma situação *Y*, maior será a demanda por um saber específico que possibilite sua realização exitosa. A situação *Y* é uma perturbação do meio e simultaneamente fonte de desequilíbrios e motivação para a formação de novos esquemas. O saber *Y* se viabilizará a partir da aplicação dos saberes que este bebê já possui. Ele passará a pegar, balançar, chupar, bater, olhar, ouvir, etc. como se experimentasse qual dos esquemas ou conjunto de esquemas melhor se aplica a situação *Y*. Então, as informações que ele retira do meio através da interação, aliadas aos saberes que já adquiriu, dão-lhe condições para construir uma estrutura suficientemente eficaz para habilitá-lo a lidar com a situação *Y*, mesmo que tal eficácia leve algum tempo para ser alcançada e mesmo não tendo consciência deste processo.

No exemplo anterior, o indivíduo em questão é um bebê. Porém, este processo é semelhante para qualquer indivíduo, em qualquer etapa de seu desenvolvimento. O processo

¹⁰ O empirismo é a corrente que concebe que o conhecimento é produzido a partir da experiência do indivíduo.

¹¹ A Epistemologia Genética é a corrente piagetiana que concebe que o conhecimento se constrói na interação do indivíduo com o ambiente.

de formação e utilização dos esquemas é o mecanismo que o indivíduo possui e emprega para a melhoria de sua estrutura cognitiva e para responder às perturbações do meio e também modificá-lo. Importa, então, analisar mais detalhadamente a explicação para a melhoria ou mobilidade (no sentido de ampliação e aperfeiçoamento) da estrutura cognitiva de um indivíduo. Para Piaget, o mecanismo que viabiliza a formação de esquemas é composto pelas funções de *adaptação* e *organização*, também e por isso mesmo chamadas *invariantes funcionais*¹².

A explicação teórica da adaptação e da organização parece mais compreensível quando efetuada através de um exemplo. Pode-se considerar a situação de um bebê que, tendo já construído o esquema “pegar” e o esquema “olhar”, procura pegar um cordão ligado a um móvel fixo na parte superior de seu berço. Nesta situação o bebê apresenta as primeiras condutas propriamente inteligentes: há coordenação de esquemas a fim de atingir um objetivo.

Em um primeiro momento, o bebê retira da situação que está vivendo informações elementares, ou seja, ele assimila fragmentos do cordão, do móvel, de sua mão, etc. Diz-se *fragmentos* porque, na verdade, ele não assimila um objeto em sua totalidade. Esses fragmentos vão sendo assimilados aos esquemas já existentes. Esses esquemas, em determinada situação, podem ser *adaptados*. Por exemplo, juntando-se os esquemas “pegar” e “olhar” mais outras informações decorrentes dos fragmentos assimilados na ação, de sua diferenciação e/ou integração ocorre a derivação de um novo esquema, no caso deste exemplo, o esquema “puxar”. Este novo esquema é incorporado à estrutura cognitiva do bebê de modo *organizado*. Esta é a maneira pela qual o bebê alcança seu objetivo e, mais do que isso, é a maneira pela qual o bebê garante sua existência no meio em que vive. É assim que *adaptação* e *organização* são processo e estado respectivamente, sempre realizados pelo indivíduo desde o momento de seu nascimento, e é por isso que são denominados *invariantes funcionais*: funcionam desta maneira ao longo de sua existência.

Mais especificamente, a adaptação é formada por dois componentes, a *assimilação* e a *acomodação*. A *assimilação* é a integração do meio (objetos) aos esquemas existentes, passando pela modificação que o sujeito lhe impõe tendo em vista sua estrutura cognitiva naquela situação. A *acomodação* é a modificação dos esquemas de assimilação por influência do meio: sempre que um esquema não é suficiente para responder a uma situação, é preciso que este esquema se modifique para responder a ela. A adaptação ocorre através do equilíbrio das interações entre o indivíduo e o meio. Esse equilíbrio é dinâmico: ocorrem diversos e, por vezes, sucessivos desequilíbrios e equilíbrios diferentes para que haja uma mudança qualitativa na estrutura cognitiva total de um indivíduo.

O arranjo da estrutura cognitiva de um indivíduo se funda no conceito de esquema. Um esquema pode ser considerado como uma estrutura elementar composta por elementos relacionados. Um conjunto de esquemas relacionados pode constituir uma estrutura específica mais complexa que pode ser denominada subestrutura. O conjunto dessas estruturas específicas constitui a estrutura cognitiva total do indivíduo. É assim que a função de arranjar, de organizar o todo cognitivo, parcial ou totalmente, como um todo coerente, pertence à *organização*.

Outro conceito importante na teoria piagetiana é o referente à *operação*. As ações realizadas por um indivíduo tornam-se operações quando duas ou mais delas, sendo de mesmo gênero, podem ser compostas entre si e revertidas, restituindo a situação anterior. As

¹² Os invariantes funcionais são a *organização* e a *adaptação* que juntas constituem o mecanismo empregado pelo sujeito para construir e ampliar continuamente estruturas cognitivas.

operações possuem três características básicas: são ações *interiorizadas*, *reversíveis* e *se coordenam em estruturas operatórias que formam sistemas*.

Uma *ação interiorizada* é uma ação realizada em pensamento sobre objetos simbólicos, sejam objetos reais ou evocados por imagens mentais. Ela enriquece os dados sobre os quais se apóia, visto que, por exemplo, adicionando ou ordenando dados, ela os transforma. Uma *ação reversível* é aquela que, uma vez realizada, permite voltar à situação original quando da aplicação da ação inversa correspondente. Duas ou mais ações que *se coordenam em estruturas operatórias* obedecendo a leis de composição interna acabam por compor a estrutura em sua totalidade, enquanto sistema. Uma operação nunca é única; ela sempre decorre de um conjunto de operações coordenadas entre si, e que podem coexistir simultaneamente.

É assim que, para atingir seus objetivos, o indivíduo interage com o meio (inicialmente através de ações e posteriormente de operações), empregando seus esquemas de maneira coordenada. Essas interações produzem desequilíbrios e equilíbrios tais que promovem modificações significativas em sua estrutura cognitiva. Essa nova estrutura em ação (em uma próxima interação do indivíduo) fará com que ele tenha uma nova compreensão de seu meio, possibilitando-lhe apresentar melhor desempenho do que na interação anterior.

Associada a esta explicação está a chamada *teoria da abstração*, que explica a projeção do saber prático (das coordenações de subestruturas cognitivas), no plano da representação onde são viabilizadas operações novas e generalizadoras.

Quando o indivíduo interage, opera com o meio (objetos) e chega a conclusões diretamente deste ou da ação que exerce sobre ele, assim ele está adquirindo conhecimento através do processo de *abstração empírica*. Este processo abstrai características e propriedades dos objetos tais como cor, tamanho, peso, formato, etc. A abstração empírica utiliza os invariantes funcionais e os esquemas, mas ela atinge conteúdos que estão para além deles: os esquemas enquadram formas que possibilitam a abstração empírica captar este conteúdo. Este é o tipo de conhecimento que o indivíduo adquire durante toda a vida, desde o seu nascimento.

O processo da *abstração reflexionante* é aquele que possibilita que o indivíduo chegue a conclusões a partir de todas as suas atividades cognitivas (isso inclui a coordenação de coordenações até a *n-ésima* potência) para delas extrair informações que possam ser utilizadas para todo tipo de finalidade, incluindo a resolução de problemas novos. Ela pode ser pseudoempírica ou refletida. A *abstração reflexionante pseudoempírica*, própria de todos os períodos (e principalmente dos estudos laboratoriais), é aquela em que o indivíduo, ao interagir com o meio (objetos), chega a conclusões a partir de resultados constatáveis, concretos. A *abstração reflexionante refletida*, mais característica do período operatório formal, é aquela em que o indivíduo tem consciência do processo empregado em uma interação (o que potencializa este processo). Ou seja, ela é uma abstração reflexionante com tomada de consciência do processo de construção. O resultado de uma abstração reflexionante é a geração de novo conhecimento ou geração de novos esquemas, novas subestruturas cognitivas.

É evidente que a estrutura cognitiva de um indivíduo é qualitativamente diferente em cada período da sua vida e mais evidente ainda nos primeiros anos. Não se pode comparar o tipo de interação realizada por um bebê de um ano com aquelas efetuadas por uma criança de dez anos: suas estruturas cognitivas são diferentes. A melhoria qualitativa ocorre gradativamente. Uma estrutura cognitiva em um dado momento é fruto de uma estrutura anterior, qualitativamente inferior, que também dá sustentação à formação de uma nova

estrutura que dela se derivará, e será qualitativamente superior de maneira mais ou menos intensa.

Piaget observou que, no período aproximado dos primeiros 15 anos de vida de um indivíduo com desenvolvimento físico-mental-social normal (sujeito epistêmico universal), são evidentes quatro estruturas notadamente diferentes, progressivas qualitativamente, forjadas sempre a partir da anterior¹³. Para referir-se a estas estruturas cognitivas, Piaget as denominou períodos ou estágios. São eles: *sensório-motor*, *pré-operatório*, de *operações concretas* e de *operações formais*. A seguir estes períodos são caracterizados.

2.2 Períodos do desenvolvimento individual e social

A conclusão da existência de períodos no desenvolvimento cognitivo humano é fruto de pesquisas e experimentos teórico-práticos realizados por Piaget e seus colaboradores. Apesar de o termo *período* indicar um limite inicial e um final diferenciado, dando uma idéia de que encerra um contexto com início, meio e fim, ele na verdade quer caracterizar diferenças cognitivas significativas. A noção de *continuidade*, de *derivação*, de *melhoria*, de *progressividade* permeia o pensamento piagetiano com respeito ao desenvolvimento cognitivo desde o nascimento do bebê, até o pensamento adulto (FRANCO, 2000).

Note-se que quando se menciona “um bebê”, “uma criança”, “um adulto”, tal menção ocorre tendo como referência um meio coletivo bem determinado (PIAGET, 1973), ou seja, uma *sociedade*. Então é natural proceder à observação das condutas humanas enfocando os *aspectos individuais e sociais de maneira inter-relacionada*. Assim como o meio físico não é imposto de uma só vez ao indivíduo, mas à medida que vai amadurecendo, também o meio social não lhe é imposto senão gradativamente, e também respeitando tal amadurecimento.

As sociedades impõem padrões ao indivíduo, que o influenciam no pensar e no agir. É deste modo que a vida social contribui para constituir e transformar a estrutura cognitiva do indivíduo, pela “[...] tripla mediação da linguagem (signos), do conteúdo dos intercâmbios (valores intelectuais) e das regras impostas ao pensamento (normas coletivas lógicas ou pré-lógicas)” (PIAGET, 1977, p. 157).

Essas constituições e transformações também são forjadas através dos fatos sociais, ou seja, das interações entre indivíduos que contribuem para suas modificações de maneira durável. E existem basicamente dois extremos de interações entre indivíduos: a *coação*, que implica a existência de autoridade de um lado e de submissão de outro, e a *cooperação*, que implica a igualdade e reciprocidade por parte de ambos os lados (PIAGET, 1973). Entre esses extremos estão uma série de outras interações, mais ou menos carregadas de elementos de coação e de cooperação.

Enfim, se “[...] regras, valores de troca e sinais constituem assim os três aspectos constitutivos dos fatos sociais, pois toda conduta executada em comum se traduz necessariamente pela constituição de normas, de valores ou de significantes convencionais” (PIAGET, 1973, p. 36), parece coerente conceber que a constituição e operatoriedade de regras, valores e sinais também caracterizam a estrutura cognitiva do indivíduo nos quatro períodos piagetianos. Optou-se por empregar esta abordagem neste trabalho para focar os aspectos sociais do indivíduo nos quatro períodos de seu desenvolvimento cognitivo, apresentados a seguir.

¹³ Sendo que a primeira delas tem suas bases na herança hereditária.

2.2.1 Período sensório-motor: aspectos mentais, sociais e estrutura

O período *sensório-motor* (do nascimento até aproximadamente dois anos de idade) caracteriza-se pelas sensações e pelas atividades motoras que têm suas raízes nos reflexos hereditários, tais como sugar, deglutir, acomodar o corpo, encurvar as costas, etc. O exercício desses reflexos promove sua consolidação bem como contribui para a constituição dos primeiros esquemas. Aos poucos, condutas como a sucção do polegar, a exploração através do olhar, o balbuciar e o pegar, surgem no bebê que, em seguida, é capaz de coordená-las. Coordenando visão e apreensão, por exemplo, ele pega os objetos que vê e os leva à boca.

Até aproximadamente 8 meses, o bebê não se diferencia do mundo. Esta situação vai sendo superada particularmente após o momento em que ele passa a ter a noção de *objeto permanente*¹⁴. Antes disso, para ele, um objeto retirado do alcance de seus órgãos dos sentidos deixa de existir. Saber que o objeto continua existindo mesmo estando fora de seu campo de percepção faz com que ele possa procurá-lo. Então, é necessário que o bebê coordene os esquemas de que dispõe para este fim. Neste caso, o que ocorre é uma perturbação proveniente do meio, a situação da ausência do objeto que ele sabe existir. Para enfrentar esta situação, o bebê se põe a procurar o objeto: há um objetivo. Isto caracteriza efetivamente o nascimento da inteligência na criança. Componentes de sua estrutura cognitiva são coordenáveis entre si, e há o estabelecimento de relações entre os mecanismos utilizados para interagir com o meio, isolados até então, na tentativa de atingir um objetivo.

Além da noção de objeto e de esquemas práticos, o bebê vai aos poucos construindo a noção espacial, a de causalidade, a de temporalidade, entre outras. Ocorre um aumento gradativo na capacidade do bebê em adquirir hábitos, realizar atos intencionais, descobrir novos meios e solucionar alguns pequenos problemas (PIAGET, 1983).

Neste período, o bebê está sujeito a influências sociais particularmente daqueles que lhe proporcionam alimento, afeto, atenção, carinho, proteção, etc. Gradativamente, vai adquirindo hábitos e regularidades relacionadas a palavras e símbolos, inclusive as de correções de atitudes. Vai se apropriando de noções sociais básicas, tais como necessidades de alimentação, higiene, horários (de comer, brincar, dormir), atos que podem ou não ser realizados, etc.

Estando ainda em uma fase essencialmente motora e individual, o bebê organiza essas noções em esquemas de ações mais ou menos ritualizados. Mas “[...] não se pode falar senão de regras motoras e não de regras propriamente coletivas” (PIAGET, 1994, p. 33). Quanto aos valores da criança antes dos dois anos de idade, percebe-se que ela demonstra “[...] uma série de sentimentos elementares ou afetos perceptivos, ligados às modalidades da atividade própria: o agradável e o desagradável, o prazer e a dor, etc., assim como os primeiros sentimentos de sucesso e fracasso” (PIAGET, 1980, p. 22), além de sentimentos ligados a pessoas próximas a ela, particularmente a mãe e o pai. Quanto aos sinais, na verdade, no início apenas símbolos, a criança os manifesta através de atos, termos/palavras, gritos, choro, sorrisos, etc., mas ainda individuais. Pode-se dizer, então, que a estrutura social, tal como a individual neste período, é organizada por *esquemas de ação* no que se refere às regras, valores e sinais, não ainda como tais, mas em formação.

¹⁴ Objeto permanente é a noção de que um objeto continua a existir mesmo na ausência da sua percepção por alguém.

2.2.2 Período pré-operatório: aspectos mentais, sociais e estrutura

O período *pré-operatório* abrange a primeira infância (aproximadamente dos dois aos sete anos), e, como ocorre em todos os quatro períodos do desenvolvimento cognitivo, é construído de maneira gradativa, sem modificações bruscas. Há continuidade nas construções iniciadas no período sensório-motor anterior e a criança, aos poucos, passa a ser capaz de efetuar representações (PIAGET, 1980).

O pensamento da criança neste período é intuitivo e, sendo ela ainda pré-lógica, suas respostas são apoiadas basicamente na percepção. Ela passa a interiorizar os esquemas de ação, ou seja, o que faz na ação passa a fazer também em pensamento, e a fazer uso da função simbólica. Existem três manifestações importantes da função simbólica: a imitação diferida, o brinquedo simbólico e a fala (FRANCO, 2000).

A *imitação diferida* ocorre quando a criança imita alguma coisa ou alguém em uma situação diferente da original e na ausência do modelo. O *brinquedo simbólico* é o chamado “faz de conta”: a criança imagina alguma situação e passa a agir como se a estivesse vivenciando. O aparecimento da *linguagem* é a manifestação mais clara deste estágio que implica modificações nos aspectos intelectual, afetivo e social. Outras características importantes neste período são a ausência da transitividade, a irreversibilidade, o pensamento transdutivo¹⁵ e o egocentrismo.

Há ausência de *transitividade* porque a criança não percebe que se A é igual a B e B é igual a C, então A é igual a C. Isto principalmente porque ela não tem ainda conservação e está presa ao que percebe. Ela não compreende que uma ação pode ser *revertida*, voltando a situação original. Por isso mesmo emite conclusões a partir de informações e operações mentais que lhe são próprias; isto caracteriza o pensamento *transdutivo*. O *egocentrismo* é a situação vivida pela criança em que ela não consegue coordenar diferentes pontos de vista. Uma das conseqüências desta falta de coordenação é a criança ser incapaz de cooperar (no sentido de operar em comum) com outras pessoas.

Já um pouco mais madura nesta etapa, a criança passa a lidar com “*coleções figurais*”. Ela é capaz de reunir e ordenar conjuntos de objetos a partir de algum tipo de característica, sobretudo as semelhanças (classificação e seriação empíricas).

As experiências de Piaget e seus colaboradores mostraram que, geralmente no final deste período pré-operatório, as noções intuitivas se agrupam transformando as ações e dando início às operações. É notável (pela sua fala, pelos jogos, brincadeiras, etc.) que os mecanismos cognitivos de sustentação às ações, que a criança praticava até então sem qualquer organização lógica, são aos poucos como que estruturados em um todo organizado, estabelecendo as condições para que ela passe a operar.

Com a aquisição inicial e contínua da linguagem ocorrem novas relações sociais que vão enriquecendo e transformando o pensamento da criança, além de serem o início da socialização efetiva. As *trocas* são caracterizadas pelo egocentrismo. Somente aos poucos, conversando com as pessoas que lhe são próximas, que a criança passa a considerar outros pontos de vista. É também conversando com as pessoas que seus pensamentos e atitudes são aprovados ou não. Desta maneira ela vai paulatinamente descobrindo um mundo imenso de conceitos, valores, regras, etc., que não lhe são próprios, lhe são externos, mas que precisam ser considerados.

¹⁵ O termo transdução é usado por Piaget para “[...] designar genericamente os diferentes tipos de operação mental por meio dos quais as crianças tiram uma conclusão: por analogia, por identidade, por diferença” (LALANDE, 1999, p. 1156).

Em se tratando de *regras*, neste período (entre dois e cinco/seis anos) a criança as recebe do exterior, e, apesar de imitá-las, utiliza-as de modo individual, visto que seu prazer é ainda motor e não social. Quanto aos *valores*, as influências e coações intelectuais exercidas pelos mais velhos são assimiladas pelas crianças deste período, a seu modo. Através do pensamento intuitivo, a criança é capaz de realizar antecipações e reconstituições representativas e as utilizar em suas interações com outras pessoas. Em síntese,

[...] as três novidades afetivas essenciais são o desenvolvimento dos sentimentos interindividuais (afeições, simpatias e antipatias) ligados à socialização das ações, a aparição de sentimentos morais intuitivos, provenientes das relações entre adultos e criança, e as regularizações de interesses e valores, ligadas às do pensamento intuitivo em geral. (PIAGET, 1980, p. 38).

A estrutura cognitiva da criança no final deste período é caracterizada pela *ampliação do sistema de esquemas* iniciado no período sensório-motor. Os melhoramentos alcançados neste período contribuem para que neste sistema os esquemas sejam coordenados e sujeitos a *regulações*¹⁶, o que o torna suscetível de atingir um equilíbrio mais estável e mais móvel do que o anterior (PIAGET, 1976a).

2.2.3 Período das operações concretas: aspectos mentais, sociais e estrutura

O período das *operações concretas* abrange a infância propriamente dita (dos sete aos onze ou doze anos aproximadamente) e se caracteriza principalmente pela capacidade adquirida pela criança de raciocinar mais logicamente¹⁷. Gradativamente, o *raciocínio lógico* vai se sobrepondo à percepção e à intuição, próprias ao período pré-operatório.

Essa lógica se manifesta essencialmente pela capacidade que a criança demonstra em considerar as situações como um todo, estabelecendo as relações entre os elementos que o compõem. Ela passa a organizar em sistemas as informações de que dispõe¹⁸, conservando-as, revertendo-as, compondo-as, etc., portanto, lidando com as várias relações neste sistema. Isto é possível porque a criança adquire a capacidade de realizar operações concretas, e são as operações concretas que lhe possibilitam operar com tais informações.

¹⁶ As regulações, que conduzirão posteriormente à reversibilidade, são correções ou reforços que intervêm quando da repetição de uma ação, já considerando os resultados alcançados quando esta mesma ação foi realizada anteriormente. Elas podem se dar por correção ou por reforçamento.

¹⁷ Lógica no sentido mais geral. Piaget faz a seguinte discussão a respeito: “a própria lógica não consiste, unicamente, do ponto de vista psicológico, que é o nosso, de um sistema de operações livres: ela se traduz por um conjunto de estados de consciência, de sentimentos intelectuais e de condutas, todos caracterizados por certas obrigações às quais é difícil negar um caráter social, seja ele primitivo ou derivado. Vista sob esse ângulo, a lógica comporta regras ou normas comuns: é a moral do pensamento imposta e sancionada pelos outros. Assim é que a obrigação de não se contradizer não é simplesmente uma necessidade condicional (um “imperativo hipotético”), para quem queira curvar-se às exigências das regras do jogo operatório: ela é também um imperativo moral (“categórico”), na medida em que exigida pelo intercâmbio intelectual e pela cooperação” (PIAGET, 1977, p. 163-164). É neste sentido que o termo “lógica” é empregado neste trabalho.

¹⁸ Por exemplo, uma classe lógica qualquer não se constrói isoladamente. Ela se constrói necessariamente no contexto de uma classificação de conjunto ao qual faz parte. É o caso também de uma relação lógica de família (pai, avô, tio, irmão). Esta relação somente é compreendida em função de um conjunto de relação análogas cuja totalidade constitui um sistema de parentesco. Os números não aparecem independentemente uns dos outros, mas a partir de uma série ordenada 1, 2, 3, Os valores existem em função de uma escala de valores organizada em um sistema total (PIAGET, 1980).

A capacidade de realizar *operações*¹⁹ viabiliza que a criança atue sobre realidades diversas, mas bem definidas: existem as operações lógicas, as aritméticas, as geométricas, as temporais, as mecânicas, as físicas, as relativas à vontade²⁰, etc. São assim porque operações de mesmo gênero se coordenam em subestruturas operatórias que formam sistemas. Isso ocorre porque as operações concretas efetivamente realizadas pela criança contribuem para que as operações de mesmo gênero se relacionem entre si formando um todo organizado, um sistema. Em outras palavras, a estrutura cognitiva é organizada em função dos esquemas análogos que se agrupam em sistemas em decorrência de sua natureza, características e aplicabilidade.

Dentre os diversos sistemas (ou subestruturas) componentes da estrutura cognitiva, Piaget os reconhece como variados, mas cita três deles em particular: o sistema das *operações lógico-matemáticas*, o das *operações infralógicas* e o das *operações referentes aos valores* (PIAGET, 1977).

O sistema das *operações lógico-matemáticas* refere-se a domínios descontínuos. Lida com semelhanças e diferenças entre elementos; consiste em ligar os objetos entre si sob forma de classes, de relações, e de números. O sistema das *operações infralógicas* refere-se a domínios contínuos. Trata com intervalos, relações espaço-temporais, medidas, etc.; lida com as vizinhanças e separações entre partes de um todo, ou seja, consiste em ligar não os objetos, mas os elementos que compõem objetos totais. O sistema das *operações referentes aos valores* refere-se a domínios afetivos (ver Seção 3.2.2). Diz respeito a valores²¹ construídos pelo indivíduo especialmente a partir de suas relações sociais. Esses valores são determinados por interesses, prazeres, afetividade, etc., e são organizados em escalas.

Os sistemas operatórios constitutivos da estrutura cognitiva do indivíduo neste período são todos construídos originalmente sobre operações de classes e relações. Esses sistemas são chamados genericamente de *grupamentos*²², e sua função essencial consiste em organizar os diversos domínios da experiência, um após o outro²³, mas sem que haja ainda uma completa diferenciação entre o conteúdo e a forma²⁴ (PIAGET, 1980).

São esses sistemas (ou subestruturas) que viabilizam, neste período, que a criança realize operações concretas. Uma *operação concreta* é uma operação aplicada a uma

¹⁹ Como mencionado no início deste capítulo, as operações possuem três características básicas: são ações *interiorizadas, reversíveis e se coordenam em estruturas operatórias que formam sistemas*. Uma ação *interiorizada* é uma ação realizada em pensamento sobre objetos simbólicos. Uma ação *reversível* é aquela que, uma vez realizada, permite voltar à situação original quando da aplicação da ação inversa correspondente. Duas ou mais ações que *se coordenam em estruturas operatórias* acabam por compor a estrutura em sua totalidade, enquanto sistema.

²⁰ No sentido discutido em (PIAGET, 1999): “[...] o problema da vontade é análogo ao das operações da inteligência, com a única diferença de que é uma operação afetiva e trabalha com valores, ações ou decisões”.

²¹ Os valores são *noções qualitativas* (e não numéricas), que podem ser comparadas, aumentadas, diminuídas, etc. Podem ser operados segundo as mesmas regras dos sistemas lógico-matemáticos e infralógicos, visto serem os três isomorfos entre si.

²² Este termo aparece nos originais em francês como “*groupements*”. Em algumas obras traduzidas, o termo aparece ora como “grupamento” ora como “agrupamento”. Em português o significado do termo grupamento é dado como “ato ou efeito de grupar”; por sua vez, o significado do termo grupar é dado como “o mesmo que agrupar”. O significado do termo agrupamento é dado como “ato ou efeito de agrupar”. Portanto esses termos são sinônimos. Neste trabalho, optou-se por empregar o termo *grupamento*.

²³ Por exemplo, as mesmas operações se aplicam inicialmente à quantidade de matéria, um ou dois anos depois ao peso e também um ou dois anos depois ao volume.

²⁴ “O ‘conteúdo’ de uma ligação operatória é constituído pelos dados, ou os termos que os podem substituir, enquanto a ‘forma’ é o que permanece imutável no decurso de tais substituições” (PIAGET, 1976, p. 37).

realidade bem definida, realizada sobre objetos tangíveis, e sua origem é sempre motora, perceptiva ou intuitiva (PIAGET, 1980).

O exemplo clássico de operação sobre a matéria é o da transformação de uma bolinha de massa de modelar em uma “salsicha” ou em uma “bolacha”. A criança neste estágio acompanha a transformação (conservação) e conclui facilmente que não houve modificação na quantidade de massa. Ela justifica esta resposta de duas maneiras. Ou ela afirma que nenhuma quantidade foi incluída ou excluída (o que corresponde à reciprocidade), ou ela afirma que a partir da salsicha se pode chegar novamente à bolinha (o que corresponde à inversão ou negação). Em qualquer uma dessas explicações está presente a reversibilidade: na primeira resposta a criança empregou a lógica das relações e, na outra, a lógica das classes. A criança que se encontra neste período não consegue utilizar estas duas formas de reversibilidade simultaneamente (FRANCO, 2000).

A lógica da criança, sob o ponto de vista da Epistemologia Genética, apresenta-se essencialmente sob a forma de sistemas ou estruturas operatórias. Significa que o ato lógico consiste em operar e, portanto, agir sobre as coisas e ou sobre as pessoas. É assim que também neste período o aspecto social é importante e, mais ainda, exerce uma *influência essencial no desenvolvimento dos grupamentos*. Isto porque as operações concretas e aquelas realizadas em comum com outras pessoas (cooperação) conduzem à constituição de normas racionais e de regras lógicas, como também lógicas são as regras que constituem os grupamentos. É assim que os grupamentos são ao mesmo tempo determinantes e determinados pelas operações, quer individuais, quer sociais.

Depois dos sete anos, a criança torna-se capaz de cooperar porque consegue diferenciar seu ponto de vista do ponto de vista dos outros e coordená-los. As discussões entre crianças deste período demonstram tentativa de compreensão a respeito do ponto de vista do outro e a busca por justificativas e provas para o ponto de vista que defende: o seu próprio. Há, então, a necessidade de coerência de idéias, portanto, de lógica.

São as coordenações sociais e individuais que produzem uma moral de cooperação e autonomia pessoal, constituindo um sistema de valores, que é alcançado da mesma maneira que a lógica o é, neste período. Piaget afirma que “[...] os instrumentos mentais que vão permitir esta dupla coordenação, lógica e moral, são constituídos pela operação, no tocante à inteligência, e pela vontade, no plano afetivo” (PIAGET, 1980, p. 45).

É por isso que as relações sociais alcançam nítido progresso nas crianças com idades a partir de sete/oito anos. A criança vai se tornando “[...] sensível à contradição e capaz de conservar dados anteriores” (PIAGET, 1973, p. 99), além de coordenar pontos de vista, que lhe permitem a partir de então, efetivamente efetuar interações interindividuais. Ocorre que as operações que realiza permitem não apenas antecipações e reconstituições pela imagem e pela intuição (tal como no período anterior), mas pela *dedução*. A capacidade de dedução amplia sobremaneira as possibilidades de atuação da criança sobre o meio em que vive em todos os aspectos, incluindo as regras, valores e sinais, constituintes básicos de uma sociedade que realiza trocas, que coopera.

Cooperar é realizar operações conjuntas, e um dos requisitos necessários para que a *cooperação* se efetive é que os indivíduos dela participantes concordem em empregar as mesmas regras. A cooperação supõe a reciprocidade entre os parceiros e, portanto, noções morais. Cooperando, a criança passa a trocar idéias, negociar, refletir, elaborar e submeter-se a regras bem como a permitir/exigir que seus parceiros também o façam. É neste movimento que seus valores vão sendo aplicados, revistos e ampliados. Tudo isso é viabilizado através da comunicação, ou seja, de um conjunto de sinais coletivos. É assim que *regras, valores e sinais* passam a ser lógico-operatórios e como tal, contribuem para que se acentuem as trocas

sociais. A consequência disso é que a estrutura que dá sustentação a essas trocas sociais vai sendo ampliada e complementada e constitui um sistema de operações que assegura a conservação das regras dos valores e dos sinais adquiridos.

A estrutura operatória que caracteriza este período é aquela composta pelos grupamentos operatórios, discutidos em detalhes no capítulo quatro.

2.2.4 Período das operações formais: aspectos mentais, sociais e estrutura

No período das *operações formais*, que envolve a adolescência (dos onze ou doze anos aos quinze ou dezesseis anos aproximadamente), ocorre a passagem do pensamento concreto para o formal. A estrutura formal conquistada neste período, como nos demais, é constituída a partir da estrutura operatória, própria do período anterior, o operatório concreto. Naquele período, a criança pensa concretamente sobre cada problema conforme ele surge, e não estabelece relações entre suas soluções e teorias gerais. Neste período, o que se observa no adolescente é seu interesse por problemas abstratos e a facilidade com que elabora as respectivas teorias que versam sobre política, filosofia, ética, enfim, particularmente sobre sistemas que visem transformar o mundo.

O pensamento concreto anterior estruturou certo número de domínios heterogêneos tais como tempo, pesos, superfícies, comprimentos, velocidade, etc., etapa por etapa, ou simultaneamente, mas sem que tivessem relação entre si. No dia-a-dia do indivíduo surgem várias situações com as quais precisa lidar em que esses domínios se interferem. Tais situações exigem que ele faça dissociação de fatores por *neutralização* (compensação = igualdade das diferenças) ou por *exclusão* (negação) (PIAGET, 1970). Para isso é necessário isolar um fator para analisar a sua ação e para mostrar a ação dos demais; é assim que se possibilita a generalização da dissociação a todos os casos.

Note-se que se as operações que o indivíduo executa se limitam a uma simples leitura dos dados visando classificá-los, seriá-los, efetuar correspondências, etc., ele ainda está operando concretamente. Se, por outro lado, ele executa essas mesmas operações, mas procura *dissociar* os fatores visando *interpretá-los*, tentando verificar suas hipóteses através de consequências²⁵, significa que este indivíduo está operando formalmente. Isto porque há necessidade do raciocínio *hipotético-dedutivo* e da combinatória, ao mesmo tempo. É assim que é possível interpretar situações-problema (enunciados) como expressões proposicionais e entender de quais ligações (explícitas ou implícitas) pode derivar transformações proposicionais (LIMA FILHO; REBOUÇAS, 1988).

Esta mudança se dá particularmente porque o adolescente vai aos poucos adquirindo e dominando a capacidade de abstrair, generalizar, explicar, elaborar teorias. Ele passa a ser capaz de tirar conclusões a partir de hipóteses. Isto significa que é capaz de levantar hipóteses nas quais não crê (ou ainda não crê), e admiti-las como verdadeiras sem a devida comprovação prática (característica do período anterior).

Sua estrutura é dotada de um método exaustivo, englobando todas as possibilidades, inclusive as inversões e reciprocidades. Elas são compostas em um todo único, isto é, cada operação aparece ao mesmo tempo como a inversa de outra e a recíproca de uma terceira, o que constitui as quatro transformações do grupo INRC, onde "[...] de cada proposição (I) pode-se tirar sua inversa (N) e sua recíproca (R) e a recíproca da inversa (C) e ainda voltar à mesma posição (I), sem perder as referências do raciocínio" (FRANCO, 1999, p. 44).

²⁵ Como, por exemplo, uma correspondência como sendo o resultado de combinações possíveis.

É assim que o pensamento do adolescente apresenta uma independência dos mecanismos formais e dos conteúdos substituindo os objetos ausentes pela respectiva representação, equivalendo, portanto, ao real, mas sem apoio da percepção, da experiência e mesmo da crença. Sua forma de pensamento se dá através de enunciados verbais cuja dificuldade e trabalho mental requeridos são muito maiores, em comparação com aqueles efetuados no período anterior (PIAGET, 1980).

O pensamento formal não apenas executa em pensamento as operações que realiza sobre objetos, mas “reflete” estas operações independentemente dos objetos e as substitui por proposições. Esta *reflexão* é como um pensamento em segundo grau, ou seja, o pensamento formal é uma representação de uma representação de ações possíveis. À medida que os dados (o real) não podem ser representados por imagens, se faz necessário elaborá-los como hipóteses (o possível), podendo assim deduzir as conseqüências (o necessário). Em outras palavras, as hipóteses são formas de imaginar o que deveria ser o real se esta ou aquela condição fosse satisfeita.

O equilíbrio do pensamento formal é atingido quando há compreensão de que a função da reflexão é a de adiantar e interpretar a experiência. Este equilíbrio ultrapassa em muito o pensamento concreto porque engloba, além do mundo real, as construções indefinidas da dedução racional e da vida interior. Para caracterizar essas formas de equilíbrio, a psicologia genética recorre à Álgebra, visando deduzir suas possibilidades e predizer seus efeitos. Então, na medida em que os juízos enunciados correspondem a operações proposicionais e que estas podem ser expressas através de símbolos algébricos, os raciocínios correspondem diretamente às transformações que ligam estas operações entre si. Por outro lado, essas transformações correspondem ao próprio cálculo que é intrínseco a essa Álgebra. Então, o ato inteligente *equivale a agrupar operações entre si* (LIMA FILHO; REBOUÇAS, 1988).

Paralelamente à elaboração das operações formais, a vida afetiva do adolescente afirma-se através das importantes conquistas da *personalidade* e de sua inserção na sociedade adulta. A personalidade é a capacidade de defender uma causa empregando toda sua energia e *vontade*. Ela implica cooperação, visto que a autonomia do indivíduo opõe-se simultaneamente à ausência de regras e à submissão a regras impostas. O indivíduo é solidário com as relações sociais que mantém e produz. A personalidade tem início com a organização autônoma das regras, dos valores, com a regularização e hierarquização moral das tendências.

E isto não é tudo, pois existe uma subordinação desses elementos a um sistema único, um sistema pessoal, que tudo coordena. Pode-se dizer também que a personalidade do adolescente se afirma a partir do momento em que estabelece para si um “projeto de vida” que funciona tanto como fonte de disciplina para a *vontade* quanto como instrumento de cooperação. Este projeto de vida está mais intimamente ligado às suas relações pessoais. Seus sistemas *hipotético-dedutivos se organizam em forma de uma hierarquia de valores afetivos* (PIAGET, 1980). A estrutura cognitiva característica deste período contempla a combinatória e o grupo INRC.

Retornando a estrutura cognitiva do indivíduo característica do período anterior, o operatório concreto (período de maior interesse para este trabalho), este tema é retomado com um fim específico, o de aprofundar um conjunto de noções importantes para este trabalho, dentre elas os conceitos de *estrutura* e de *isomorfismo*, bem como apresentar a concepção de *estrutura cognitiva* como sendo composta por duas *subestruturas*, uma *individual* e outra *social*.

Esta subdivisão, que é didática, decorre da insuficiência de produção teórica de Piaget e sua equipe a respeito da aqui denominada *estrutura social*. Visa destacar que, sendo isomorfas

essas subestruturas, pode-se deduzir o mecanismo operatório da segunda a partir da primeira, cujo material teórico disponível é suficientemente rico.

Em outras palavras, as regras lógicas de constituição e funcionamento dos grupamentos *lógico-matemáticos* ou *infralógicos* (grupamento individual) são isomorfas àquelas dos grupamentos referente aos *valores* (o grupamento social). Esta perspectiva é estendida também para o grupamento constituinte e constituidor da *cooperação*, tema aprofundado no próximo capítulo.

2.3 Estruturas individual e social e seu isomorfismo

Uma *estrutura piagetiana* é um conjunto de esquemas interiorizados que, dialeticamente, assimilam os dados do real e são empregados para atuar com esses mesmos dados. Para explicá-la, Piaget também fez uso da linguagem e de noções da matemática, incluindo o conceito de estrutura. Uma *estrutura matemática* é um sistema de transformações que apresenta *leis de composição internas*. Essas leis de composição são capazes de promover ações e operações com objetos, impondo que as transformações se dêem no contexto do *próprio sistema*. Ora, essas também são as características de estrutura do ponto de vista piagetiano.

Para Piaget, uma estrutura “[...] compreende os caracteres de totalidade, de transformações e de auto-regulação” (PIAGET, 1979, p. 12). Para que a *totalidade* exista e se conserve, é necessário que existam leis de composição interna – as transformações – às quais os elementos componentes da estrutura estão subordinados. Essas leis não se reduzem a associações cumulativas, mas conferem *ao todo* propriedades de conjunto que diferem daquelas propriedades que pertencem aos elementos. Toda operação da estrutura composta com outra operação produz uma operação própria a essa estrutura. A totalidade implica também simultaneidade: a possibilidade da existência simultânea de diversas operações passíveis de se comporem e que podem ser aplicadas pelo sujeito, ainda que parcialmente, em uma dada situação.

A *auto-regulação* promove a conservação e um certo fechamento das estruturas. Ela ocorre através de operações cujas regras são as mesmas da própria estrutura. As transformações referentes a uma estrutura não produzem resultados para além das fronteiras da própria estrutura, e só engendram elementos pertencentes a ela e que conservam suas leis (PIAGET, 1979). A auto-regulação também decorre da natureza da estrutura. Na estrutura lógico-matemática, por exemplo, a auto-regulação se verifica pelas operações *reversíveis* que a caracterizam. Nas estruturas lingüísticas, psicológicas, etc., a auto-regulação ocorre através de antecipações e retroações.

As *transformações* referem-se às atividades das estruturas. Piaget afirma que “[...] todas as estruturas conhecidas... são sistemas de transformações” (PIAGET, 1979, p. 13). Então é fundamental distinguir, em uma estrutura, os elementos que são submetidos a transformações e as regras que regem essas transformações, regras que não se modificam, como, por exemplo, aquelas dos grupamentos lógico-matemáticos.

Uma *estrutura* é constituída por um conjunto de elementos e pelas relações entre esses elementos. Portanto, não existe estrutura cognitiva única e global que corresponde ao indivíduo total. Existem várias estruturas cognitivas que se organizam em domínios específicos do conhecimento. Há *uma estrutura para um determinado conteúdo*, e daí decorre que há distinção entre *estrutura e conteúdo*. Neste sentido, uma estrutura cognitiva é uma

*forma*²⁶, e *mesmas formas*²⁷ *podem ser aplicadas a conteúdos diferentes*. Além disso, uma estrutura é um todo sistêmico que organiza conteúdos de conhecimento e pode, em uma dada situação, tornar-se o conteúdo de uma estrutura de nível superior a ela.

Sendo assim, a título de sistematização, pode-se dizer que existe uma estrutura, subestrutura ou sistema individual cuja função é viabilizar as interações do tipo *sujeito/objeto*, e que foi construída principalmente a partir deste tipo de interação. Pode-se dizer também que existe uma estrutura, subestrutura ou sistema social cuja função é viabilizar as interações do tipo *sujeito/sujeito*²⁸ e que foi construída principalmente a partir dessas interações. Também se poderia dizer que a estrutura cognitiva de um indivíduo é formada pelas subestruturas individual e social.

Esta separação de estruturas (uma individual e outra social), como já mencionado, é assim determinada neste texto para fins didáticos. Porém, esta abordagem que separa as estruturas social e individual aparece na obra de Piaget, como, por exemplo, quando ele questiona se “[...] é a estruturação lógica ou pré-lógica de um nível considerado, que determina o modo de colaboração em jogo, ou que é, ao contrário a estrutura das interações coletivas que determina a das operações intelectuais” (PIAGET, 1973, p. 103, grifos nossos).

Em outro momento, Piaget afirma que a lógica somente se constitui a partir da “[...] estruturação ao mesmo tempo intelectual (individual) e interindividual (social) que caracteriza a formação do pensamento” (PIAGET, 1973, p. 99, grifos e inserções nossas). Tais

²⁶ Note-se que, neste sentido, o conceito de estrutura cognitiva se assemelha àquela abordagem de Bourbaki, onde a estrutura é essencialmente sintática, não havendo preocupação com a contra-parte semântica. Ou seja, para Bourbaki uma espécie de estrutura é uma teoria formal, restrita a um nível puramente sintático onde, desse modo, as resultantes da estrutura decorrem simplesmente da combinação de símbolos seguindo certas regras estabelecidas de modo axiomático (COSTA, 1987).

²⁷ A relação *forma-conteúdo* tem suas origens a partir do nascimento da criança. Os esquemas que um bebê já desenvolveu são elementares. Ele realiza uma porção de atividades práticas; ele sabe fazer, mas não tem consciência daquilo que faz. Aquilo que ele valoriza (ou retém de sua ação) reduz-se ao que lhe é assimilável e compreensível. Então, os conteúdos (que são os processos da ação) transformam-se em formas (esquemas). Portanto, para este bebê, o *conteúdo é o conjunto de processos sensório-motores de que é feita sua ação*. A *forma é o sistema de conceitos aplicados na ação*. Aos poucos, na medida em que este bebê cresce e interage com o ambiente, essas formas e conteúdos vão dando sustentação à construção das estruturas diversas, mas ainda não operatórias. Os primeiros indicativos das estruturas operatórias são perceptíveis nas ações das crianças por volta dos sete anos. As estruturas operatórias têm por conteúdo as diversas e diferentes operações, incluindo as operações lógico-matemáticas, as infralógicas e as referentes aos valores (além das lingüísticas, psicológicas, etc.). Por volta dos doze/treze anos aparecem os primeiros indícios das estruturas operatórias formais que têm por conteúdo as proposições.

²⁸ Visando enfocar didaticamente as interações *sujeito/objeto* e *sujeito/sujeito*, a seguir são tomados de Piaget alguns conceitos quanto à estrutura (PIAGET, 1979, p. 51-52) e (PIAGET, 2000, p. 163-165):

- “[...] contém em primeiro lugar elementos e relações que os ligam, mas sem ser possível caracterizar ou definir estes elementos independentemente das relações em jogo”;
- pode tratar-se de “[...] percepções, lembranças, conceitos, operações, etc.”;
- pode ser considerada “[...] independentemente dos elementos que as compõem”;
- é uma “[...] forma[...]” ou “[...] sistema de relações”;
- não é singular, “[...] existem estruturas de diversos ‘tipos’[...]”, inclusive “[...] estruturas de estruturas [...]”; chamam-se subestruturas “[...] um setor ou uma parte de uma estrutura de conjunto [...]”;
- podendo ser de diversos tipos, “[...] podem ser estáticas ou dinâmicas [...]”;
- compõem-se em “[...] sistemas de transformações que se engendram uns aos outros, ... e as mais autênticas são de natureza operatória [...]”;
- “[...] as operações derivam de ações que, interiorizando-se, coordenam-se em estruturas [...]”. Texto citado por (MONTANGERO; MAURICE-NAVILLE, 1998), extraído do artigo *Les Structures Mathématiques et les Structures Opératoires de l’Intelligence*, a que não tivemos acesso.

afirmações indicam que também Piaget, mesmo concebendo a estrutura cognitiva do indivíduo como única, sentiu algumas vezes a necessidade de diferenciá-las.

Semelhantemente, neste trabalho se faz inicialmente a distinção das estruturas individual e social, objetivando mostrar que, a partir do período das operações concretas já amadurecidas, independentemente se as interações são do tipo *sujeito/objeto* ou *sujeito/sujeito*, são empregados os mesmos instrumentos comuns de pensamento: *os grupamentos operatórios* (PIAGET, 1973).

Então, se a evolução cognitiva individual se deve ao processo pelo qual o indivíduo constrói o mecanismo que lhe possibilita melhor adaptar-se ao meio, em especial através de suas interações *sujeito/objeto*, a evolução cognitiva social se deve a “[...] transmissões exteriores ou às interações entre indivíduos, e constrói um conjunto de noções destinadas a prestar contas deste modo sui generis de transmissão.” (PIAGET, 1973, p. 19).

Piaget caracterizou de maneira bastante detalhada como se dá o nascimento e a evolução da *estrutura cognitiva individual*, mas não o fez com os mesmos detalhes a respeito da *estrutura cognitiva social*. Dada a coerência da teoria piagetiana, algumas interpretações podem ser dela retiradas, considerando a correlação dessas estruturas, via *isomorfismos*, visto comporem um único todo coerente.

Dois sistemas ou estruturas de mesma natureza são ditos isomorfos (*iso* = igual, *morphe* = forma²⁹) se existe uma *aplicação bijetora* entre eles que preserva todas as propriedades “relevantes” desses sistemas³⁰. Eles *diferem apenas pela natureza ou notação de seus elementos*, e não pela *maneira como seus elementos se comportam*. Pode-se dizer, portanto, que dois sistemas (ou estruturas) são isomorfos se quaisquer relações definidas nos conjuntos são preservadas pela *aplicação*.

Desse modo, havendo descoberto certas propriedades de um dos sistemas, pode-se estudá-las como sendo as propriedades de um outro sistema isomorfo a ele. Ou seja, *sempre que for conveniente, substitui-se uma estrutura por outra qualquer isomorfa a ela*. É assim que, por exemplo, identificadas as propriedades do sistema “lógico-matemático” (individual), pode-se empregá-las no sistema “de valores” (social), visto o isomorfismo entre eles. Antes de prosseguir esta argumentação, são feitas algumas discussões a título de fundamentação teórica a respeito das origens da noção de isomorfismo entre os grupamentos operatórios.

2.3.1 Algumas fontes teóricas da noção de isomorfismo dos grupamentos

Piaget afirma que as estruturas operatórias características do período operatório concreto (lógico-matemáticas, infralógicas e de valores) *são isomorfas*. Particularmente as páginas de 484 a 487 de (PIAGET, 1993) são explícitas com relação ao isomorfismo entre as *estruturas lógico-matemáticas e as infralógicas*. Em várias de suas obras, Piaget cita, quase

²⁹ Para Piaget, é a estrutura que confere a forma.

³⁰ Seja X um conjunto não vazio. Uma aplicação φ sobre X associa a cada par $(x_1, x_2) \in X \times X$ um elemento a $x_1 * x_2 \equiv \overset{\text{def}}{\varphi}(x_1, x_2)$ de X , onde $*$ é uma lei de operação interna em X . Se X_1 e X_2 são dois conjuntos não vazios e $*$ e \bullet suas leis de operação interna, respectivamente, chama-se *isomorfismo* de $\langle X_1, * \rangle$ em $\langle X_2, \bullet \rangle$ a toda aplicação $\varphi: \langle X_1, * \rangle \rightarrow \langle X_2, \bullet \rangle$ que satisfaz as seguintes condições:

a) φ é um homomorfismo, ou seja, $\varphi(x_1 * x_2) \equiv \overset{\text{def}}{\varphi}(x_1) \bullet \varphi(x_2)$.

b) φ é uma aplicação bijetora.

sempre indiretamente, a questão do isomorfismo³¹, através do emprego de termos como “correspondência” e, algumas vezes, “paralelismo” ou “equivalência”³².

Um dos textos de Piaget em que ele é mais explícito em afirmar o isomorfismo entre os grupamentos, bem como a identificação da existência dos três grandes grupamentos, é “Psicologia da Inteligência” (PIAGET, 1977). Piaget afirma que

[...] o estudo do andamento do pensamento em evolução na criança, leva a reconhecer não apenas a existência dos grupamentos, mas também suas conexões mútuas, isto é, as relações que permitem classificá-los e fazer seu cadastro. (PIAGET, 1977, p. 51).

Após afirmar que “[...] o primeiro sistema de grupamentos é constituído pelas operações chamadas lógicas” Piaget descreve um a um os oito grupamentos lógico-matemáticos e considera que: “[...] decompor o objeto e o recompor constitui, assim, o trabalho próprio de um segundo conjunto de grupamentos, cujas operações fundamentais podem, portanto, ser chamadas ‘infralógicas’”. Posteriormente Piaget tece comentários sobre o isomorfismo entre os oito grupamentos lógico-matemáticos e os oito infralógicos, como:

1. Ao emparelhamento das classes corresponde o das partes reunidas, em totalidades hierárquicas, cujo termo final é o objeto inteiro (seja em que escala for, inclusive o próprio universo espaço-temporal). É o primeiro grupamento de adição partitiva que permite ao espírito conceber a composição atomística anterior a qualquer experiência propriamente científica; 2. A seriação das relações assimétricas correspondem as operações de posicionamento (ordem espacial ou temporal) e de deslocamento qualitativo (simples mudança de ordem, independentemente da medida); 3-4. As substituições e as relações simétricas espaço-temporais correspondem às substituições e às simetrias lógicas; 5-8. As operações multiplicativas combinam simplesmente as precedentes segundo vários sistemas ou dimensões. (PIAGET, 1977, p. 55).

Piaget afirma ainda que é possível “[...] encontrar as mesmas repartições quanto às operações referentes aos valores” (PIAGET, 1977, p. 55). Piaget elabora uma discussão interessante sobre as operações referentes aos valores, que dão sustentação às trocas entre indivíduos, no que tange ao debate sobre o isomorfismo entre os grupamentos. Em “Estudos Sociológicos”, ele apresenta a noção de grupamento a partir de fatores interindividuais e não individuais. Ele afirma que um grupamento “[...] é um sistema de conceitos (classes ou relações) implicando uma coordenação dos pontos de vista e uma posição em comum do

³¹ Mais a título de exemplo do que de fundamentação teórica desta noção de isomorfismo, são apresentados, a seguir, apenas alguns trechos de textos em que Piaget afirmou e/ou indicou em sua obra a respeito, empregando os termos “correspondência”, “paralelismo” ou “equivalência”. “Tomamos o termo ‘correspondências’ no sentido mais amplo compreendendo, de um lado, todas as formas de ‘aplicações’ e de morfismos [...]” (MONTANGERO; MAURICE-NAVILLE, 1998 p. 125 citando *Recherches sur les correspondances, avec 18 collab., Paris: PUF*, a que não tivemos acesso). “Contudo (as noções de espaço e tempo), ainda que bem distintas das operações lógicas elas lhes são exatamente paralelas” (PIAGET, 1977, p. 55, inserção nossa). “Constataremos que esse agrupamento é o exato equivalente, no domínio infralógico das vizinhanças, ao agrupamento dos encaixes das classes A, B, C, etc. no domínio lógico” (PIAGET, 1993, p. 484).

³² Note-se, então, que *operação interna* é sinônimo para *equivalência qualitativa*, visto que dois elementos de uma estrutura são ditos serem *equivalentes qualitativamente*, em relação a essa estrutura, se possuem uma dada *qualidade comum* dela característica. Por outro lado, um *isomorfismo* é uma *operação entre estruturas* e que obtém, também, resultados ou ações *equivalentes*, só que externos às estruturas. Entretanto, a equivalência obtida via isomorfismo contempla as propriedades de uma equivalência matemática, a reflexibilidade, a simetria e a transitividade. É assim que o isomorfismo preserva as operações internas, só que aplicadas a conteúdos diferentes.

pensamento” (PIAGET, 1973, p. 181). Sendo assim, a cooperação na ação é um conjunto de operações concretas apoiadas em uma lógica comum e que, em última instância, constitui operações coletivas.

Nesta mesma obra, uma coletânea de quatro artigos, em diferentes momentos Piaget discute se a cooperação decorre das interações *sujeito/objeto* ou das *sujeito/sujeito*. Em um deles, ele constrói sua argumentação da seguinte maneira:

[...] se o progresso lógico anda assim ao lado da socialização, deve-se dizer que a criança se torna capaz de operações racionais, portanto que seu desenvolvimento social a torna apta à cooperação, ou deve-se admitir, pelo contrário, que são estas aquisições lógicas individuais que lhe permitem compreender as outras e que a conduzem assim à cooperação? Pois as duas espécies de progresso andam exatamente lado a lado, a questão parece sem solução, exceto dizendo que constituem dois aspectos indissociáveis de uma única e só realidade, ao mesmo tempo social e individual. (PIAGET, 1973, p. 181).

Explica Piaget que as operações lógicas são a forma de equilíbrio final das ações, que é atingida quando elas são agrupadas em sistemas reversíveis. E a cooperação é, também, um sistema de ações reversíveis, só que, ao invés de serem individuais, são coletivas, e, como tal, submetem-se às mesmas leis de equilíbrio lógico. Piaget afirma então que

[...] as ações dos indivíduos uns sobre os outros, as quais constituem toda a sociedade, só criam uma lógica com a condição expressa de adquirirem elas também uma forma de equilíbrio, análoga à estrutura da qual podemos definir as leis no fim do desenvolvimento das ações individuais. E isso acontece, pois elas são cada vez mais socializadas e porque a cooperação é um sistema de ações como as outras. Em suma, as relações sociais equilibradas em cooperação constituirão pois ‘agrupamentos’ de operações, exatamente como todas as ações lógicas exercidas pelo indivíduo sobre o mundo exterior, e as leis dos agrupamentos definirão a forma do equilíbrio ideal comum às primeiras como às segundas. (PIAGET, 1973, p. 182-183, grifo nosso).

Em particular acerca das trocas qualitativas de valores, Piaget, ao citar as trocas baseadas na moral, afirma que

[...] em suma, e por mais esquemático que permaneça este esboço, vê-se em que a coordenação normativa de tipo moral constitui um sistema de operações assegurando a conservação dos valores. Tanto a cláusula da “satisfação indefinida do outro” quanto a avaliação segundo a intenção têm, efetivamente, por resultado integrar os valores num conjunto de “agrupamentos”, de substituições reversíveis, umas assimétricas (moral do dever) e outras simétricas (reciprocidade), mas todas formalmente análogas aos “agrupamentos” lógicos mesmos.” (PIAGET, 1973, p. 149-150).

Então, a partir dessas considerações, pode-se afirmar, a partir de Piaget, que há isomorfismo entre os grupamentos operatórios concretos.

2.3.2 Isomorfismo dos grupamentos operatórios

Como Piaget identifica três grandes grupamentos, também neste trabalho esses grupamentos são abordados separadamente para fins didáticos. Os grupamentos operatórios individuais são os lógico-matemáticos e os infralógicos, cuja constituição decorre mais das

interações do tipo sujeito/objeto. Os grupamentos referentes aos valores são constituídos mais a partir das interações do tipo sujeito/sujeito.

A opção metodológica de enfocar separadamente tais grupamentos visa a melhor caracterizá-los para posteriormente reafirmar o isomorfismo que existe entre suas estruturas. A Figura 2.1 ilustra esta organização.

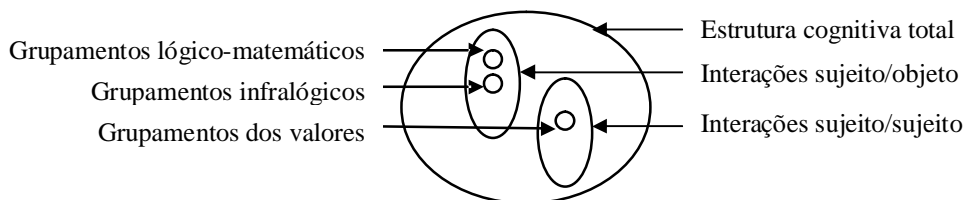


Figura 2.1 - Ilustração da estrutura cognitiva total, seus grupamentos mais característicos e suas constituições

A criança (e, depois o adulto) faz uso do *grupamento lógico-matemático* quando lida com domínios descontínuos. Faz uso do *grupamento infralógico* quando lida com domínios contínuos. Faz uso do *grupamento dos valores* quando lida com noções afetivas.

É preciso lembrar que, apesar destas diferenciações, decorrentes de suas especificidades, esses grupamentos constituem um todo integrado que opera em conjunto. Isto porque, em toda conduta, de modo geral, os interesses provêm da afetividade (valores), enquanto que as técnicas e os meios empregados provêm de elementos lógico-intelectuais (lógico-matemáticos e infralógicos). Ora, não há ação/operação exclusivamente intelectual, assim como não há ação/operação exclusivamente afetiva. Para toda conduta, quer envolvendo interações tipo *sujeito/objeto* ou *sujeito/sujeito*, ambos os aspectos intelectual e afetivo estão presentes com mais ou menos intensidade (PIAGET, 1980, p. 38).

O texto a seguir mostra uma síntese desses três grupamentos, em uma tentativa de sistematizar, especialmente os dois últimos, a partir do primeiro. De maneira que as próximas seções visam reafirmar o isomorfismo entre as estruturas operatórias.

2.3.2.1 As estruturas operatórias dos grupamentos lógico-matemáticos

Gradativamente, o raciocínio lógico natural, mais presente a partir do período operatório concreto, vai se sobrepondo à percepção e à intuição que são características do período pré-operatório. Essa lógica se manifesta essencialmente pela capacidade que a criança demonstra em analisar as situações como um todo, estabelecendo as relações entre os elementos que o compõem. A criança passa a organizar em sistemas as informações de que dispõe, compondo-as, conservando-as, revertendo-as, etc., portanto, lidando com várias relações possíveis neste sistema, compreendendo-o gradualmente como um todo integrado.

O primeiro sistema de grupamento, o *lógico-matemático*, basicamente opera com semelhanças e diferenças entre elementos, além de relacionar os objetos entre si sob forma de classes, de relações, e de números (PIAGET, 1977). Ele é composto por oito estruturas também denominadas de grupamentos. Eles são divididos entre aqueles de classes e aqueles de relações. A Tabela 2.1 os sintetiza, e o texto a seguir apenas os apresenta, visto que recebe especial atenção no capítulo quatro.

Tabela 2.1 - Grupamentos lógico-matemáticos (PIAGET, 1976, p. 100)

		Grupamentos das Classes	Grupamento das Relações
Aditivos	Primários	1. Adição das Classes	5. Adição das Relações Assimétricas Transitivas
	Secundários	2. Vicariâncias	6. Adição das Relações Simétricas
Multiplificativos	Secundários	3. Multiplicação Co-Unívoca das Classes	7. Multiplicação Co-Unívoca das Relações
	Primários	4. Multiplicação Biunívoca das Classes	8. Multiplicação Biunívoca das Relações

O *aditivo de classes* é o grupamento dos encaixes simples ou inclusões. Um exemplo desse tipo de grupamento é a classificação das espécies animais: os indivíduos estão reunidos em espécies, as espécies em gêneros, os gêneros em ordens e assim sucessivamente.

O grupamento *das vicariâncias* é o grupamento que lida com a decomposição das classes secundárias. Envolve problemas de composição, de encaixes recíprocos de classes complementares.

O grupamento *multiplicação co-unívoca* de classes refere-se à operação de “multiplicação” de classes, através da interseção. Significa que, dadas duas classes, a multiplicação determina a maior das classes que está inclusa simultaneamente em ambas.

O grupamento *multiplicação biunívoca* de classes engloba operações referentes a tabelas de dupla (tríplice ou mais) entrada, caso em que se podem efetuar classificações múltiplas ou comparativas.

O grupamento *adição das relações assimétricas transitivas* engloba operações referentes à seriação, ou seja, a colocação qualitativa de elementos em série, tais como tinturas mais ou menos escuras, elementos mais ou menos altos, pesados, etc. Referem-se a relações entre elementos que carregam uma diferença entre si.

O grupamento *adições de relações simétricas* engloba operações de relações entre elementos equivalentes ou que pertencem a uma mesma classe. As relações simétricas exprimem ora diferenças nulas ou equivalências, ou seja, relações de co-pertinência ou de co-inclusão com referência a classes.

O grupamento *multiplicação co-unívoca* das relações engloba operações que multiplicam relações simétricas e assimétricas. Multiplicar uma relação por outra consiste em submeter os elementos da primeira relação (todos ou alguns) à segunda igualmente. Refere-se a uma relação “de um para muitos” ou “de muitos para um”.

O grupamento *multiplicação biunívoca* das relações engloba as operações com as tabelas de duas ou mais entradas aplicadas às relações simétricas e assimétricas. Pode-se ter em uma das entradas da tabela uma seriação e, na outra, um sistema de relações (ou outra seriação). Refere-se a uma relação “de muitos para muitos”.

2.3.2.2 Grupamento das operações infralógicas

O *segundo sistema de grupamentos* é constituído pelas *operações infralógicas*, ou seja, aquelas operações constitutivas das noções de tempo, espaço e aquelas que permitem decompor e recompor “objetos contínuos”, a exemplo de um quebra-cabeça.

Quando as *operações infralógicas* dizem respeito às *noções de tempo*, ocorre que as relações de ordem temporal³³ (antes e depois) se coordenam com as de durações (menos ou mais tempo) e elas acabam por sendo ligadas em um único todo. Este todo é responsável pela noção de tempo comum aos diversos movimentos de velocidades interiores e exteriores. Quando as *operações infralógicas* dizem respeito à *constituição do espaço*, elas lidam com a ordem de sucessão espacial e o ajustamento de intervalos ou distâncias, elaboração de um sistema de coordenadas, perspectivas e seções, etc., e isso inclui retas, superfícies, perímetro, sentido horizontal e vertical, entre outros. Quando se referem a *composição e decomposição* de “objetos contínuos”, incluem reunião ou seccionamento de partes, lidam com conservação de quantidades de matéria, peso, de volume, etc. (PIAGET, 1975a).

As operações infralógicas são construídas em paralelo com as operações lógico-matemáticas e igualmente vão sendo construídas gradativamente pelo indivíduo, desde o período sensório-motor, até sua consolidação no final do período operatório formal. Em se comparando estes dois tipos de operações, as lógico-matemáticas e as infralógicas, pode-se dizer que as infralógicas

[...] se apoiam não mais nos encaixes de classes, mas nos encaixes de partes de um mesmo objeto no objeto total, substituem a noção de semelhança pela de vizinhança, a noção de diferença em geral pela de diferença de ordem ou de colocação (em particular pela de deslocamento) e a noção de número pela de medida. (PIAGET, 1993, p. 470).

Como se pretende discutir o *caráter isomórfico* entre os três grandes grupamentos (lógico-matemático, infralógico e de valores), neste texto são enfocadas apenas as noções básicas e as características dos grupamentos das relações topológicas elementares, a título de exemplo.

As relações espaciais fundamentais, denominadas por Piaget de topológicas, são a *vizinhança*, a *separação*, a *ordem*, a *circunscrição* e a *continuidade*. A relação de *vizinhança* (ou de proximidade) é a mais elementar de todas, e se refere à vizinhança ou proximidade de elementos percebidos em conjunto. A relação de *separação* se refere a separar elementos que estejam muito próximos, mesmo interpenetrados; realizar a separação entre eles é dissociá-los e/ou distingui-los. A relação de *ordem* se refere a ordenar elementos no espaço, e isso implica que tais elementos sejam vizinhos e estejam separados. A relação de *circunscrição* ou envolvimento se refere a circunscrever elementos, podendo ser em uma (B entre A e C), duas (nariz, boca e olhos circunscritos no rosto) ou três dimensões (um objeto dentro de uma caixa). A relação de *continuidade* é uma síntese das relações anteriores, visto que aquelas são necessárias para que o indivíduo compreenda que existem, além da justaposição de elementos, ligações contínuas que permitem conservar formas e grandezas.

É sobre essas noções que são construídos o espaço topológico e, posteriormente, os espaços projetivo e euclidiano. A diferença entre esses espaços é a maneira como cada um coordena as figuras entre si. O *espaço topológico* trata de relações de vizinhança, separação, ordem, circunscrição e continuidade relativamente a uma mesma figura desde que não sejam rompidas suas fronteiras. O *espaço projetivo* e o *euclidiano* tratam de localizar os objetos em

³³ No contexto das operações infralógicas está inserida a noção de tempo. A noção elementar de tempo é construída pela criança ainda no período sensório-motor. Desde este período, e mesmo no pensamento formal, as relações de temporalidade pressupõem relações causais. Porém, o conceito de tempo é complexo, e um dos motivos desta complexidade provavelmente seja pela dificuldade em considerá-lo isoladamente. Piaget define o tempo, de modo geral, como “[...] um relacionamento dos eventos que o preenchem e estes implicam, para se constituírem, a noção de objeto e a organização espacial” (PIAGET, 1975, p. 298). E mais, afirma que a idéia de sucessão de acontecimentos permitem ao indivíduo “[...] reconstituir a sua própria história e considerar os seus atos em sucessão contínua” (PIAGET, 1975, p. 324). E é esta idéia que será considerada no escopo deste trabalho.

relações mútuas, conforme perspectivas e eixos coordenados (horizontais e verticais). Para a constituição desses espaços é necessária a aquisição prévia do espaço topológico, bem como a conservação de retas, curvas, ângulos, distâncias, etc.

Neste texto não se fará a particularização dos grupamentos componentes dos espaços projetivo e euclidiano, também em número de oito, cada um deles. Optou-se por sintetizar os grupamentos constitutivos do espaço topológico, a título de exemplo, a fim de destacar seu isomorfismo com relação aos grupamentos lógico-matemáticos. Note-se que também aqueles (projetivo e euclidiano) são isomorfos entre si (PIAGET, 1993).

Em se tratando do espaço topológico as operações que o indivíduo é capaz de realizar referem-se à noção de que o todo é maior do que a parte, sem atentar para a possibilidade de uma das partes conter mais ou menos elementos do que a outra. Portanto, as operações infralógicas no contexto do espaço topológico são intensivas. Em outras palavras,

[...] as relações topológicas que o sujeito constrói não procedem, inicialmente, senão por simples encaixes ou por construção de ordens, mas sem chegar, por falta de análise do contínuo, a outra coisa além de uma série de lógica qualitativa do espaço (portanto a uma infralógica intensiva). (PIAGET, 1993, p. 482).

Esse *segundo sistema de grupamento*, o *infralógico* é composto por oito estruturas também denominadas de grupamentos. A Tabela 2.2 os sintetiza, e o texto a seguir os explica qualitativamente. Essas informações foram extraídas principalmente de (PIAGET, 1993, p. 484-487).

Tabela 2.2 - Grupamento *infralógico* e seus componentes

		Elementos	Relações Topológicas
Aditivos	Primários	1. Partição e adição primitiva	5. Ordem de colocação
	Secundários	2. Reciprocidade das vizinhanças	6. Relações Simétricas de Intervalos
Multiplicativos	Secundários	3. Multiplicação Co-Unívoca dos elementos	7. Multiplicação Co-Unívoca das Relações
	Primários	4. Multiplicação Biunívoca de Elementos	8. Multiplicação Biunívoca das Relações

O grupamento *da partição e adição primitiva* refere-se ao mecanismo de dissociar um contínuo em elementos vizinhos e separações por este critério de dissociação e que, adicionados, acabam por reconstituir o todo.

No grupamento anterior, o indivíduo parte de um dado elemento e o considera em relação a seus elementos vizinhos. Mas pode-se também considerar outras subdivisões desses elementos que, unidas, compõem o elemento em si. Ora, tendo essas subdivisões, operações sobre elas podem ser feitas. Esse grupamento é denominado *reciprocidade das vizinhanças*.

O grupamento de *multiplicações co-unívocas* de elementos refere-se ao mecanismo em que o indivíduo é capaz de efetuar correspondências biunívocas (de termo a termo), bem como de construir correspondências de um termo a muitos.

A *multiplicação biunívoca* de elementos refere-se ao mecanismo que o indivíduo utiliza para dar conta das dimensões a partir das relações de envolvimento³⁴. Em se considerando os

³⁴ Uma superfície para três dimensões, uma linha para duas dimensões e um ponto para uma dimensão.

elementos encaixados segundo o primeiro grupamento (partição e adição primitiva), haverá “multiplicação lógica” de elementos quando os elementos de duas seqüências forem considerados em todas as combinações efetuadas.

O grupamento *ordem de colocação* refere-se ao mecanismo que o indivíduo utiliza para lidar com a noção de ordem linear pela composição das vizinhanças. Têm-se, então, entre os elementos, a ordem direta e a ordem inversa. Também lida com envoltimentos sucessivos, como quando A é um primeiro envolvimento, B um segundo, etc., em que se encontra uma ordem ABC, etc., que pode coincidir com as adições partitivas do primeiro grupamento.

O grupamento das *relações simétricas de intervalos* é o mecanismo que lida com a reciprocidade das separações (em termos de relações) por um sistema de relações simétricas que são as relações de intervalos, que, neste caso, no contexto dos grupamentos *ordem de colocação*, contemplam a relação “entre”. Por exemplo, B está entre A e C na ordem direta, e entre C e A na ordem inversa. Este mesmo grupamento é aplicado em situações semelhantes de ordem cíclica e de sucessão ordenada de envoltimentos.

O grupamento da *multiplicação co-unívoca* das relações refere-se ao mecanismo que o indivíduo utiliza para efetuar correspondências de uma relação a muitas.

O grupamento da *multiplicação biunívoca* das relações refere-se ao mecanismo que o indivíduo utiliza para efetuar correspondências de muitas relações a outras muitas relações, acabando por estabelecer uma rede de seqüências e conexões.

2.3.2.3 Os grupamentos dos valores

O *terceiro sistema de grupamentos* é constituído pelas *operações referentes aos valores*, ou seja, aquelas ações e operações que exprimem as relações de meios e fins fundamentais para a inteligência prática (PIAGET, 1977, p. 55).

Ao contrário dos dois sistemas de grupamentos anteriores, este grupamento não foi identificado e classificado detalhadamente por Piaget. E o motivo disso parece decorrer do fato de que os valores sociais são de ordem afetiva, e, como tal, são de difícil classificação. O que Piaget fez foi conceber que o mecanismo operatório no caso dos valores é paralelo ao dos grupamentos operatórios lógico-matemáticos e infralógicos. Em outras palavras, o mecanismo operatório é o mesmo, independentemente do fato de que o conteúdo das operações seja de natureza afetiva e não descontínua ou contínua, como no caso dos primeiros dois sistemas de grupamentos.

Uma tentativa de sistematização, aos moldes das anteriores, para esse terceiro sistema de grupamento, é como proposto na Tabela 2.3. Ou seja, esse *terceiro sistema de grupamento de valores* é composto por oito estruturas também denominadas de grupamentos. A Tabela 2.3 e o texto a seguir os sintetiza, visto que este assunto é retomado no próximo capítulo.

Tabela 2.3 - Grupamento de valores e seus componentes

		Grupamentos das Classes de Valores	Grupamento das Relações de Valores
Aditivos	Primários	1. Adição das Classes de Valores	5. Adição das Relações Assimétricas de Valores
	Secundários	2. Vicariâncias de Valores	6. Adição das Relações Simétricas de Valores

Multipli- cativos	Secundários	3. Multiplicação Co-Unívoca das Classes de Valores	7. Multiplicação Co-Unívoca das Relações de Valores
	Primários	4. Multiplicação Biunívoca das Classes de Valores	8. Multiplicação Biunívoca das Relações de Valores

O *aditivo de classes de valores* seria o grupamento dos encaixes simples ou inclusões de valores em classes. Um exemplo desse tipo de grupamento seria a própria escala de valores total do indivíduo. Os valores podem estar reunidos em espécies, como, por exemplo, os pessoais, os profissionais, os sociais, os espirituais. Por sua vez, esses valores (ou outros) seriam subdivididos (formando classes complementares) em outros mais específicos e assim sucessivamente.

O grupamento das *vicariâncias de valores* seria o grupamento que lida com a decomposição das classes secundárias. Envolve problemas de composição, de encaixes recíprocos de classes complementares de valores.

O grupamento *multiplicação co-unívoca de classes de valores* refereria-se à operação de “multiplicação” de valores, através da interseção. Significa que, dadas duas classes de valores, a multiplicação determina a maior das classes de valores que está inclusa simultaneamente em ambas.

O grupamento *multiplicação biunívoca de classes de valores* englobaria operações referentes a tabelas de dupla (tríplice ou mais) entrada, caso em que se podem efetuar classificações múltiplas ou comparativas dos valores em jogo.

O grupamento *adição das relações assimétricas transitivas de valores* englobaria operações referentes à colocação qualitativa de elementos em série, tais como valores mais ou menos importantes, valores mais ou menos válidos, etc. Referem-se a relações entre valores que carregam uma diferença entre si.

O grupamento *adições de relações simétricas de valores* englobaria operações de relações entre valores equivalentes ou que pertencem a uma mesma classe. As relações simétricas exprimiriam ora diferenças nulas ou equivalências, ou seja, relações de co-pertinência ou de co-inclusão com referência àquela classe de valores.

O grupamento *multiplicação co-unívoca das relações de valores* englobaria operações que multiplicam relações simétricas e assimétricas. Multiplicar uma relação por outra consiste em submeter os elementos da primeira relação (todos ou alguns) à segunda igualmente. Refere-se a uma relação “de um para muitos” ou “de muitos para um”, sempre levando em conta os valores.

O grupamento *multiplicação biunívoca das relações de valores* englobaria as operações com as tabelas de duas ou mais entradas aplicadas às relações simétricas e assimétricas. Pode-se ter em uma das entradas da tabela uma seriação e na outra um sistema de relações (ou outra seriação). Refere-se a uma relação “de muitos para muitos” valores.

2.3.3 Exemplo de isomorfismo

Considerando que se postula que os sistemas de grupamentos *lógico-matemático*, *infralógico* e de *valores* são isomorfos, podem-se discutir e analisar as operações que esses sistemas viabilizam. Nesta seção é apresentado um exemplo que ilustra essa situação.

Esta opção se justifica, visto que, como já apontado, o *sistema lógico-matemático* é amplamente discutido, conhecido e “formalizado” por Piaget, e refere-se particularmente às

interações *sujeito/objeto*. Não com o mesmo nível de detalhes, mas o *sistema infralógico* também recebeu atenção nas obras de Piaget (PIAGET, 1993), e refere-se também às interações *sujeito/objeto*. O mesmo detalhamento não se verifica em relação ao sistema de valores.

Ora, se há isomorfismo entre os sistemas operatórios lógico-matemático, infralógico e de valores, é possível construir explicitamente um isomorfismo entre o sistema lógico-matemático, aqui denotado por $\langle \text{LM}, * \rangle$ e os sistemas infralógicos e de valores, denotados, respectivamente, por $\langle \text{IL}, \bullet \rangle$ e $\langle \text{VQ}, , \rangle$. Desse modo, podem-se empregar as mesmas idéias e um formalismo análogo ao das operações lógico-matemáticas para as operações infralógicas e para as operações de valores.

Para apresentar o exemplo, escolheu-se um tipo particular de grupamento do sistema lógico-matemático e seus “análogos” nos sistemas infralógico e de valores. Trata-se do grupamento número cinco. Este grupamento é, no sistema lógico-matemático, o *aditivo das relações assimétricas*, e, no sistema infralógico, é aquele da *ordem de colocação*. No sistema de valores, o grupamento “análogo” refere-se ao *aditivo das relações assimétricas de valores qualitativos*.

O *grupamento lógico-matemático aditivo das relações assimétricas* (o número cinco) é denotado por $\langle \text{LM}, * \rangle_5$ e efetua operações referentes à *colocação qualitativa de elementos em série*, tais como cores mais ou menos escuras, elementos mais ou menos altos, pesados, etc. Refere-se a relações entre elementos que carregam uma diferença entre si. O exemplo a ser analisado é aquele em que este grupamento é empregado para seriar varetas de tamanhos diferentes, da menor para a maior. Cada vareta é considerada como um objeto único (discreto). Os elementos ou objetos são varetas, e as operações passíveis de serem realizadas são a direta, a inversa, idêntica geral, idênticas especiais (tautologia e reabsorção) e associatividade.

O *grupamento infralógico de ordem de colocação* (o número cinco) é denotado por $\langle \text{IL}, \bullet \rangle_5$, e efetua operações referentes à *ordem linear pela composição das vizinhanças*, tais como o fato de que se tem, para os elementos A, B, C, etc., que a ordem direta é denotada por $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow \dots$, e a ordem inversa é denotada por $\dots \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow A$. O exemplo a ser utilizado é aquele em que este grupamento é empregado para colocar contas coloridas em uma haste fixa, na mesma ordem em que essas contas se encontram já colocadas em uma “haste exemplo”. Cada haste é entendida como um elemento único (contínuo). Os elementos ou objetos são contas coloridas e hastes, e as operações passíveis de serem realizadas são a direta, a inversa, idêntica geral, idênticas especiais (tautologia e reabsorção) e associatividade.

O *grupamento referente ao aditivo das relações assimétricas de valores* (o número cinco) é denotado por $\langle \text{VQ}, , \rangle_5$ e efetua operações referentes à *colocação qualitativa de valores em série*, tais como os de maior para os de menor importância. Refere-se também a relações entre valores que carregam entre si uma diferença. Note-se que esta interpretação é resultado de uma tentativa de sistematização proposta neste trabalho.

O exemplo a ser utilizado é aquele em que este grupamento é empregado para seriar os valores da escala de valores de um indivíduo. Os elementos são valores qualitativos e as operações passíveis de serem realizadas são a direta, a inversa, idêntica geral, idênticas especiais (tautologia e reabsorção) e associatividade. A Tabela 2.4 sistematiza o exemplo com os três sistemas de grupamentos.

Tabela 2.4 - Relações *objetos-operações* × *sistemas de grupamentos*

	Sistema lógico-matemático	Sistema Infralógico	Sistema de valores
Objetos	Varetas de tamanhos diferentes.	Contas coloridas e suporte em forma de haste.	Valores qualitativos por ordem de importância: ex: formar na faculdade, casar e ter filhos.
Operação direta	Inserção de varetas no conjunto a seriar, considerando a adição das diferenças existentes entre elas.	Inserção seqüencial das contas na haste, considerando as contas vizinhas e a haste exemplo.	Inserção de novos valores considerando seu grau de importância em relação à escala de valores individual existente.
Operação inversa	Retirada de varetas inseridas no conjunto a seriar, revertendo a operação direta.	Retirada de contas inseridas na haste revertendo a operação direta.	Retirar os valores inseridos na escala individual, revertendo a operação direta.
Operação idêntica geral	Inserindo e retirando a mesma vareta do todo, tem-se a identidade, o mesmo todo.	Inserindo e retirando a mesma conta da haste, tem-se a identidade, o mesmo todo.	Inserindo e retirando o mesmo valor da escala individual, tem-se a identidade, o mesmo todo.
Operação idêntica especial: tautologia e reabsorção	Operando uma vareta com ela mesma, obtém-se a mesma vareta, visto que não há diferença nela mesma. Considerado o conjunto já seriado, as diferenças individuais são absorvidas pelo conjunto que contempla as diferenças.	Operar uma conta com ela mesma, tem-se a própria conta, visto que não há ordem alguma a considerar. Estando a haste já ordenada, o sentido da ordenação é absorvido pelo todo.	Acrescentar importância ao já importante valor de graduar-se faz com que a escala individual se preserve qualitativamente. Os valores elementares componentes da escala individual são por ela absorvidos formando o todo.
Operação associativa	Ao comparar três varetas entre si no conjunto seriado, pode-se dizer que, se a primeira é menor que a segunda e a segunda é menor que a terceira, então a primeira também é menor que a terceira. Mesmo se a ordem de comparação fosse outra, o resultado não se modificaria.	Ao comparar três contas entre si no conjunto ordenado da haste, pode-se dizer que, se a primeira é anterior à segunda e a segunda é anterior à terceira, a primeira é anterior à terceira. Se a ordem de comparação fosse outra, o resultado não se modificaria.	Ao comparar três valores entre si no conjunto ordenado crescente da escala individual, pode-se dizer que, se o primeiro é mais importante que o segundo, este é mais importante que o terceiro. Mesmo se a ordem de comparação fosse outra, o resultado não se modificaria.

Então, os *objetos* envolvidos nas operações dos três grupamentos *são diferentes*, mas *diferem apenas pela natureza de seus elementos, e não pela maneira como seus elementos se comportam*³⁵. Note-se, além disso, que, em qualquer que seja o sistema, duas operações compostas entre si resultam em uma operação interna ao próprio sistema.

³⁵ Esse resultado é essencial, dado que dois sistemas serão indistinguíveis no que diz respeito às suas propriedades. Ou seja, são equivalentes do ponto de vista dos resultados de suas ações ou operações sobre os elementos de seus conjuntos. Essa é a abordagem do método axiomático, onde a natureza intrínseca dos objetos matemáticos é uma matéria irrelevante, sendo o importante as relações entre esses objetos (LIMA, 1995).

A uma operação direta corresponde uma inversa, caracterizando a reversibilidade. O produto de uma operação direta com sua inversa produz uma operação idêntica geral. Há associatividade em se tratando de elementos diferentes entre si (sendo iguais, ocorre a tautologia). Ou seja, *as operações realizadas nesses grupamentos são análogas assim como são análogos os resultados qualitativos alcançados por elas*. Sendo assim, pode-se dizer que *elas são isomorfas entre si*. Essa conclusão é decorrente também da afirmação de Piaget:

[...] existe isomorfismo entre duas estruturas se for possível estabelecer uma correspondência biunívoca entre seus elementos, assim como entre as relações que os unem, conservando o sentido dessas relações. Como é possível fazer abstração desses elementos e de sua natureza, um isomorfismo entre duas estruturas reduz-se, pois a reconhecer a existência de uma mesma estrutura, mas aplicada a dois conjuntos diferentes de elementos. (PIAGET, 1976, p. 164-165).

Com esta última afirmação, a conclusão obtida anteriormente, onde “[...] as operações realizadas nesses grupamentos são análogas assim como são análogos os resultados qualitativos alcançados por elas” poderia parecer incompleta. Porém, para Piaget, o isomorfismo pode ser do tipo “isomorfismo psicológico”. Esse isomorfismo “[...] reduz-se, na maioria das vezes, a uma simples correspondência” (PIAGET, 1976, p. 134). Desse modo, Piaget emprega o termo isomorfismo não no sentido matemático exato, mas no sentido qualitativo. Para ele, não importaria, no caso do exemplo da seriação das contas, das varetas e dos valores, se não existisse exatamente o mesmo número de elementos em todos os conjuntos (para satisfação da condição de bijeção). Para o isomorfismo de Piaget, importam apenas as operações e as relações existentes, e não o número delas ou de seus elementos.

3 Cooperação, valores e autonomia na perspectiva piagetiana

O objetivo deste capítulo é discorrer sobre três temas de grande importância para este trabalho: a *cooperação*, os *valores* e a *autonomia* na perspectiva piagetiana. Isto porque esses elementos são centrais nas análises e discussões apresentadas nos capítulos de seis a nove.

3.1 A cooperação

Cooperar é colaborar? Esta questão, já colocada e discutida há algum tempo por autores como Paul Brna (BRNA, 1980), Ana Vilma Tijiboy e Débora Maçada (TIJIBOY; MAÇADA, 1997), Mônica Estrázulas (ESTRÁZULAS, 1999), Michael Baker (BAKER, 2005) e outros, ainda não possui uma resposta consensual. Os motivos que parecem contribuir para dar seguimento a este debate são quatro:

- 1) Porque em português esses termos são sinônimos.
- 2) Porque os significados atribuídos a eles freqüentemente estão associados a objetivos educacionais, geralmente diferentes (BRNA, 1980).
- 3) Porque pesquisadores atribuem a esses termos significados próprios.
- 4) Por problemas de tradução da língua inglesa para a portuguesa, visto que, geralmente, o termo “*cooperation*” é entendido como a divisão de trabalho entre participantes, onde cada um é responsável por uma parte dele; e o termo “*collaboration*” é entendido como trabalho conjunto dos participantes em um esforço coordenado para resolver um problema (BAKER, 2005).

Para Jean Piaget, esses termos não são sinônimos, não estão associados a objetivos educacionais, e possuem sentido inverso do usual na literatura inglesa. Como o significado dado por Piaget é o que mais interessa ao presente trabalho, ele será discutido em detalhes nesta e nas próximas seções.

Em francês, o termo “*coopérer*” é empregado no sentido de *operar conjuntamente com qualquer um*, e o termo “*collaborer*” no sentido de *trabalhar em colaboração*. Talvez este tenha sido o motivo que levou Piaget a os ter utilizado em suas obras, exatamente com estes sentidos. No tocante à cooperação, ele enfatiza o “operar em conjunto”, do ponto de vista de operações piagetianas.

Em “Estudos Sociológicos (PIAGET, 1973, p. 104-105), Piaget afirma que cooperar é operar em comum; é cooperar nas operações necessárias para atingir um objetivo; é ajustar através de novas operações, as operações executadas por cada um dos parceiros. Em outro momento, explicando a abrangência da cooperação, ele afirma que ela “[...] é assim a discussão travada objetivamente (donde essa discussão interiorizada que é a deliberação ou reflexão), a colaboração no trabalho, a troca de idéias, o controle mútuo (fonte da necessidade de verificação e de demonstração), etc.” (PIAGET, 1977, p. 163, grifo nosso). Note-se que, mesmo nesta última citação, Piaget utiliza o termo *colaboração* para exemplificar uma atividade que pode ser feita cooperativamente, ou seja, através da composição de operações realizada por dois ou mais parceiros.

Ainda neste mesmo texto, Piaget afirma que a *colaboração é a operação feita individualmente por cada um dos parceiros* (que ele denomina colaboradores), mas já considerando o ajustamento necessário para com as operações realizadas pelos demais. Ele afirma, quando cita o exemplo de dois indivíduos que se propõem a construir uma ponte: “Em

que vai consistir esta colaboração? A ajustar umas às outras algumas ações [...]” (PIAGET, 1973, p. 104). A cooperação é o resultado, portanto, da composição coordenada das operações feitas por cada um dos colaboradores. Nas palavras de Piaget,

[...] a cooperação consiste ela mesma num sistema de operações, de tal forma que as atividades do sujeito se exercendo sobre os objetos, e as atividades dos sujeitos quando agem uns sobre os outros se reduzem na realidade a um só e mesmo sistema de conjunto, no qual o aspecto social e o aspecto lógico são inseparáveis na forma como no conteúdo. (PIAGET, 1973, p. 103).

As estruturas que compõem este sistema de operações são denominadas grupamentos operatórios, e eles “[...] expressarão tanto os ajustamentos recíprocos e interindividuais de operações, quanto as operações interiores do pensamento de cada indivíduo” (PIAGET, 1973, p. 104).

Piaget ainda identificou dois tipos de cooperação: a *cooperação na ação* e a *cooperação no pensamento*. A cooperação na ação consiste em realizar operações concretas em conjunto. A cooperação no pensamento consiste em realizar operações abstratas em pensamento (hipóteses sobre hipóteses) e em conjunto. Em ambos os casos supõe-se uma situação social de cooperação autônoma tendo suas bases na igualdade e reciprocidade entre os parceiros. Estes dois tipos de cooperação são apresentados a seguir (mas é preciso destacar que, para os experimentos práticos apresentados nos capítulos sete e oito, a ênfase foi dada à cooperação na ação).

3.1.1 Cooperação na ação

A cooperação na ação é a realização conjunta de operações concretas que se coordenam entre si. Ora, uma operação concreta é uma operação apoiada na realidade física, efetuada sobre objetos que podem ser manipulados e sua origem é motora, perceptiva ou intuitiva.

O exemplo de *cooperação na ação* dado por Piaget (PIAGET, 1973, p. 104-105) é aquele em que dois indivíduos que se propõem a construir uma ponte com uma prancha, estando eles em cada uma das bordas de um rio. A cooperação consiste em ajustar ações, umas às outras. Algumas dessas ações são semelhantes e se correspondem por suas características comuns, como fazer as bordas de sustentação de mesma forma e mesma largura. Algumas ações são recíprocas ou simétricas, como aquelas de cuidar das inclinações das bases em cada lado. Outras ações são complementares, visto que sendo um dos bordos do rio mais alto que o outro, uma base deverá ser mais baixa que a outra para que ambas fiquem no mesmo nível.

A composição coordenada das operações necessárias para construir a ponte inclui operações de diversos tipos, algumas pertinentes a questões relativas ao trato com objetos concretos, outras com noções de contínuo, outras envolvendo valores, por exemplo, de natureza estética, e outras ainda referentes a operações matemáticas. Todas essas operações assim o são, no sentido piagetiano. Note-se que as ações realizadas individualmente pelos participantes, sejam do tipo sujeito/objeto, sejam do tipo sujeito/sujeito, são constituídas por este tipo de operações.

E, na realização dessas operações, será necessário efetuar correspondência das ações a elementos comuns, reciprocidade das ações simétricas, adição ou subtração de ações complementares, entre outras. Essas correspondências, reciprocidades, simetrias e complementaridades são também operações. Sendo assim, a composição total dessas operações, que corresponde à conclusão da construção da ponte, é também constituída por operações no sentido piagetiano.

Então cooperar na ação “[...] consiste num ajustamento recíproco de movimentos e de trabalhos” (PIAGET, 1973, p. 102). Consiste em ajustar cada uma das operações executadas pelos parceiros por meio de novas operações (independentemente de suas naturezas qualitativas, físicas, matemáticas, etc.) de correspondência, de reciprocidade ou de complementaridade. E todas elas compõem um único sistema operatório resultante. Portanto, há isomorfismo entre o sistema individual de operações, o sistema coletivo (ou resultante do processo de cooperação) e o sistema dos grupos operatórios, característicos da estrutura cognitiva operatória concreta.

É preciso reafirmar, contudo, que a cooperação na ação envolve essencialmente operações concretas, aquelas apoiadas na realidade tangível e, como tal, que envolvem muito mais ações físicas. Significa que, mesmo que o sujeito não tenha alcançado o nível operatório formal, ele é capaz de cooperar na ação. Mas este tipo de cooperação apresenta limites do ponto de vista da possibilidade cooperativa do indivíduo que já tenha alcançado o período formal do desenvolvimento cognitivo, visto que ele é também capaz de cooperar no pensamento.

3.1.2 Cooperação no pensamento

A cooperação no pensamento é a realização conjunta de operações formais que se coordenam entre si. Ora, uma operação formal é uma operação que supera o quadro das transformações apoiadas na realidade quando as subordina a um sistema de combinações hipotético-dedutivas. Isto possibilita, por exemplo, a realização de operações que exigem raciocínios, normalmente exaustivos e metódicos, sobre dois ou mais sistemas de referência, conjuntamente. Portanto, as operações formais viabilizam trocas de pensamento independentemente de ações sobre objetos físicos.

Neste caso, as estruturas cognitivas do indivíduo (construídas a partir daquelas atingidas ao nível das operações concretas) devem estar coordenadas em um sistema de conjunto, possibilitando a realização de operações proposicionais que têm características algébricas (cálculo de proposições).

Ora, as operações proposicionais, no contexto individual ou no contexto coletivo, geram o agrupamento das operações formais que constitui a lógica das proposições. A lógica das proposições é um sistema de operações, independentemente se as proposições se referem a uma operação interior (diálogo consigo mesmo) ou a uma operação entre vários indivíduos. É por este motivo que não há mais a necessidade da presença física do objeto. Basta que as operações sobre eles sejam feitas em pensamento e ou expressas em uma linguagem.

Existem três condições que precisam ser satisfeitas para garantir o equilíbrio quando há cooperação no pensamento. São elas (PIAGET, 1973, p. 108-109):

- 1) *Os parceiros devem possuir uma escala comum de valores* com as seguintes características complementares:
 - a) uma linguagem tal que as palavras, símbolos ou imagens sejam empregados nas trocas com significados coletivos. Por exemplo, quando se está falando sobre geometria, os parceiros devem conhecer os símbolos matemáticos correspondentes e aplicá-los com o significado que lhes cabe;
 - b) um sistema de noções (conceitos/expressões) suficientemente homogêneas ou de mesma chave. No exemplo da geometria, é necessário que os parceiros saibam o que é um ângulo reto, a hipotenusa, etc;

- c) certo número de proposições fundamentais utilizadas em situações em que são empregadas para fundamentar pontos de vista. Ainda no caso da geometria, recorrer ao teorema de Pitágoras.
- 2) *Conservação de proposições e igualdade geral dos valores mesmo que haja desacordo.* Quanto à conservação das proposições já enunciadas, é preciso que ela ocorra, visto que por ela se dá a sustentação às proposições. É o caso de lembrar-se de que, em um momento da discussão, um parceiro efetuou uma demonstração. Quanto à igualdade geral dos valores, significa que, mesmo em caso de desacordo, há concordância sobre os julgamentos. Por exemplo, os parceiros partem do princípio de que o teorema de Pitágoras é válido.
 - 3) *Atualização dos valores trocados a qualquer momento.* É o caso da mudança ou não de uma das concepções que um dos parceiros possuía, ou de partes dela. Tais atualizações devem garantir a reversibilidade, que é a possibilidade de voltar a qualquer posição sobre proposições anteriores e a reciprocidade, que é a igualdade entre os parceiros, sem coações. Neste contexto, os parceiros tendem a alcançar proposições comuns, mesmo que distintas, mas recíprocas e coordenáveis.

Atendidas estas condições, o equilíbrio das trocas proposicionais acarreta a formação de um pensamento operatório formal, uma vez que tal pensamento existe de acordo com o mecanismo operatório utilizado para tal, que é aquele do grupamento das operações interproposicionais.

O conjunto de tais operações compõe um sistema que produz um *conjunto de regras que constitui a lógica formal*. Então a lógica empregada na troca das proposições é a mesma lógica utilizada pelos parceiros para compor sua lógica individual. Ora, um parceiro passa a apreender o pensamento do outro, que se dá por operações, quando possui as condições individuais de efetuar essas mesmas operações, ou seja, ambos utilizam o mesmo mecanismo operatório. O conjunto de regras que constitui a lógica formal impõe que as proposições contemplem:

- 1) Princípio da identidade (manutenção da proposição invariante nas trocas futuras) e o princípio da não-contradição (conservando o valor de uma proposição considerando-a ou verdadeira ou falsa, nunca verdadeira e falsa ao mesmo tempo).
- 2) Os parceiros devem conciliar continuamente suas proposições atuais com aquelas que foram conservadas anteriormente (há conservação e reversibilidade).
- 3) As proposições acabam sendo dos seguintes tipos: correspondentes, quando as proposições de um parceiro correspondem às proposições do outro; simétricas, quando as proposições de um parceiro constituem o simétrico das proposições do outro; e complementares, quando as proposições de um parceiro completam as proposições do outro.

Assim, os parceiros que cooperam através de trocas proposicionais constroem, além de seu próprio grupamento, que é individual, um grupamento coletivo decorrente da cooperação. Este grupamento coletivo é construído através das correspondências, simetrias e complementaridades das proposições trocadas.

Importa ainda reiterar que tanto a cooperação na ação quanto a cooperação no pensamento constituem sistemas nos quais os aspectos lógico e social estão presentes. E esta é justamente a outra dimensão da cooperação: o aspecto social. Isto significa que estão presentes questões referentes à afetividade. Ora, a afetividade existente em todas as ações do sujeito decorre de e implica valores mais ou menos efêmeros (valores pessoais, valores de

troca). Este tema é tratado nas próximas seções sob a perspectiva piagetiana. Antes, porém, a título de contextualização, são feitas algumas discussões sobre os valores.

3.2 Os valores

Os valores têm suscitado várias discussões, ainda em aberto, para numerosos pesquisadores em todos os tempos históricos. Dentre essas discussões estão as tentativas de explicar por que o ser humano se submete a valores, princípios ou crenças que parecem transcendê-lo, e a origem da força dos valores que levam o indivíduo a procurar, por vezes durante toda a sua vida, a realização de certas metas (TAMAYO; SCHWARTZ, 1993).

Do ponto de vista filosófico, pode-se dizer, de modo geral, que valor é a característica das coisas que faz com que elas sejam mais ou menos desejadas ou estimadas por um indivíduo ou por um grupo de indivíduos. Na verdade, é difícil atribuir um sentido exato a valor, porque ele representa, na grande maioria das vezes, um conceito móvel, uma passagem do fato ao direito, do desejado ao desejável (LALANDE, 1999).

No contexto da psicologia social, os valores são definidos como princípios transituacionais, organizados de modo hierárquico, relativos a desejáveis estados de existência ou modelos de comportamento, que orientam a vida do indivíduo e expressam interesses individuais, coletivos ou mistos (TAMAYO; SCHWARTZ, 1993).

Mais recentemente, Milton Rokeach, um dos pesquisadores nesta temática, cujo trabalho, particularmente em “The Nature of Human Values” (ROKEACH, 1973), tem influenciado pesquisas em todo mundo, inclusive no Brasil. Duas de suas importantes contribuições foram o fato de que diferenciou os valores de outros construtos com os quais costumavam estar relacionados, a exemplo de atitudes, interesses, traços de personalidade, e demonstrou sua centralidade no sistema cognitivo dos indivíduos, apresentando dados sobre seus antecedentes e conseqüentes (GOUVEIA; et ali., 2001).

Para Rokeach, um sistema de valores é desenvolvido pelo indivíduo ao longo do tempo, e constitui uma classificação ordenada de valores em uma seqüência contínua de importância. Eles implicam necessariamente uma distinção entre o importante e o secundário, entre o que tem valor e o que não tem. O que há de original no conceito de hierarquia de valores é que permite a comparação de indivíduos, grupos sociais, não apenas considerando cada valor em si, mas também prioridades (TAMAYO, 1994).

Contemporâneo a Rokeach, mas um pouco antes dele, Piaget publicou em 1965 um apanhado de quatro artigos, escritos entre 1941 e 1950, sob o título de “Estudos Sociológicos” (PIAGET, 1973). Nesta obra, os valores são tratados sob a ótica do sujeito epistêmico, ou seja, de maneira racional, com uma abordagem científica.

É por este motivo que não vai interessar a Piaget o conteúdo dos valores, mas, sim, a maneira com que eles são construídos e utilizados pelo indivíduo em atividades denominadas *trocas*. Nas palavras dele, “[...] não há nenhuma necessidade de distinguir as necessidades objetivas e as necessidades subjetivas, pois estudamos unicamente as trocas e não o conteúdo dos valores.” (PIAGET, 1973, p. 133). Sendo a perspectiva piagetiana que norteia o presente trabalho, alguns dos principais assuntos referentes a esta temática são apresentados a seguir, incluindo uma interpretação pessoal a respeito.

3.2.1 Valores, escalas e estrutura de valores

Os valores são noções qualitativas (PIAGET, 1973) construídas e utilizadas especialmente a partir e no convívio social. Eles decorrem de diversas fontes, tais como gostos individuais, interesses, valores coletivos como a moda, a posição social, regras morais, jurídicas, etc., ou seja, são noções subjetivas, e, como tal, não há como defini-los ou mensurá-los com exatidão, porém, eles se organizam em escalas, as “escalas de valores”.

Uma escala de valores é uma relação ordenada de valores em uma seqüência de importância, organizada e mantida particularmente nas relações sociais, e válida para um indivíduo, um grupo de indivíduos, ou uma sociedade inteira. As escalas de valores estão presentes em todas as sociedades, em maior ou menor grau e número. Elas são variáveis, heterogêneas, porém duráveis em um dado período de tempo e, portanto, é possível analisá-las enquanto válidas para um momento sincrônico. Para Piaget, a importância da escala de valores para um indivíduo é tal, que ele afirma que

[...] para cada indivíduo, segundo as finalidades que ele se propõe atingir e os meios que emprega ou conta empregar no prosseguimento destas finalidades, todos os objetos e todas as pessoas que o interessam (inclusive ele mesmo), assim como todas as ações, trabalhos e de forma geral, todos os “serviços” atual ou virtualmente prestados por eles, são suscetíveis de serem avaliados e comparados segundo algumas relações de valores, relações que constituem precisamente uma escala. (PIAGET, 1973, p. 117).

Note-se que a escala de valores é empregada pelo indivíduo em todas as interações que realiza, e que os valores envolvidos são de todos os tipos possíveis. Um exemplo é o caso em que um pesquisador assume para si o objetivo de responder a certas perguntas científicas da área em que atua. O valor atribuído à temática que o incentiva a trabalhar é maior do que o valor atribuído a outras questões que lhe interessam menos. Ele desenvolveu os valores relativos a esta área através das interações sociais que teve com seus pares.

Os valores estão presentes também no caso em que um indivíduo realiza um trabalho em conjunto com outro, mas o outro age irresponsavelmente perante este trabalho. As interações efetuadas estão carregadas de sentimentos e podem, por exemplo, levar o primeiro indivíduo a decidir não mais trabalhar com o segundo.

Um terceiro exemplo, é o caso de um artista. Ao efetuar uma pintura, ele contempla seu trabalho e consciente ou inconscientemente o valoriza ou desvaloriza, de acordo com critérios individuais, adquiridos ao longo de sua história de contato com a arte.

Note-se que a valorização constitui para o indivíduo um compromisso, uma obrigação, (PIAGET, 1973, p. 120) para com aquele valor. É assim que os valores influenciam nas ações realizadas pelo indivíduo. Os exemplos recém-citados ilustram algumas questões relevantes com relação aos valores:

- 1) *Sua natureza qualitativa*; mesmo na impossibilidade de quantificar com exatidão os valores, pode-se operar com eles, comparando-os com outros, adicionando, subtraindo, enfim, classificando e relacionando valores individuais entre si e/ou com os valores de outros indivíduos.
- 2) *Sua função de determinar interesses e, conseqüentemente, vontades*; o indivíduo pode nortear suas ações, quer imediatas ou de médio e longo prazos³⁶, em função das prioridades de seus valores.

³⁶ Apesar de nortear ações, quer imediatas ou de médio e longo prazos, os valores só fazem sentido se considerados em um momento sincrônico.

- 3) *Sua função avaliadora*; o indivíduo utiliza os valores para através deles avaliar serviços, comportamentos, opiniões, parcerias, etc., próprias e de outros.

Qualquer que seja a função dos valores envolvidos em uma dada interação, o indivíduo utiliza e gera valores qualitativos que podem ou não afetar sua escala de valores individual, de maneira durável. É na interação que os valores, mais precisamente sua escala de valores, vai sendo construída e atualizada.

Essas considerações permitem uma *interpretação* sobre a existência de pelo menos três instâncias ou noções ligadas a valores: os *valores* em si, a *escala de valores* e os *valores de troca*, assuntos abordados a seguir.

A primeira delas se refere aos *valores* efetivamente valorizados pelo indivíduo, que, pode-se dizer, constituem um *conjunto*. Este conjunto de valores é muito mais durável, podendo, no limite, ser válido para toda a vida do indivíduo.

Os valores deste conjunto podem se organizar de diversas maneiras constituindo *escalas de valores*. São essas escalas, mais maleáveis do que o conjunto dos valores em si, que são utilizadas nas interações que o indivíduo realiza. Esta interpretação decorre da generalização da compreensão do mecanismo operatório que o indivíduo utiliza em todas as suas interações. O mecanismo não muda; mudam os conteúdos, os objetos com os quais interage. Ou seja, o indivíduo não utiliza todos os recursos cognitivos de que dispõe, em toda e qualquer interação. O mesmo é válido para as questões dos valores; o indivíduo não utiliza todos os valores que possui em toda e qualquer interação que realiza. Ele utiliza uma escala de valores específica, constituída a partir de seu conjunto original de valores.

Além disso, entende-se que, dialeticamente, os elementos presentes em uma interação (regras, valores e sinais) influenciam na organização da escala de valores, válida para aquele momento. É por este motivo que se concebe que os valores interferem nos papéis³⁷ que o indivíduo desempenha.

Quanto aos valores de troca, eles estão presentes nas trocas de serviços e são discutidos em particular na Seção 3.2.3.

Tal como nos casos em que estão envolvidas noções lógico-matemáticas ou infralógicas, existe uma estrutura que dá sustentação às escalas de valores: é o grupamento de valores. Este grupamento não foi identificado e classificado detalhadamente por Piaget. O que ele fez foi conceber que o mecanismo operatório no caso dos valores é isomorfo ao dos grupamentos operatórios lógico-matemáticos e infralógicos, como discutido no capítulo dois.

Piaget esclarece, no entanto, como concebe a questão da constituição, organização e funcionamento dos valores. Para ele,

[...] a organização dos valores que caracteriza a segunda infância é comparável à própria lógica; é uma lógica de valores ou ações entre os indivíduos, do mesmo modo que a lógica é uma espécie de moral do pensamento. A honestidade, o sentido de justiça e a reciprocidade, em geral, constituem sistema racional de valores pessoais, podendo-se, sem exagero, comparar este sistema aos ‘grupamentos’ das relações ou noções que estão na origem da lógica, com a única diferença que aqui são valores grupados segundo uma ‘escala’ e não mais relações objetivas. (PIAGET, 1980, p. 59).

³⁷ Por exemplo, o papel de um “administrador correto” implica diversas atitudes e comportamentos que são influenciados diretamente pelos valores. O mesmo se pode dizer dos papéis de “mãe”, “aluno”, “amigo”, “adversário”, etc.

A questão que se coloca, então, é aprofundar o entendimento sobre o mecanismo operatório dos valores. Em outras palavras, a questão é responder como é possível operar logicamente com valores e sentimentos. A chave para a resposta a esta questão está associada aos conceitos de *interesse* e *vontade*, temas abordados a seguir.

3.2.2 Operação afetiva, tendência, vontade e interesse

É no período operatório concreto, quando as relações sociais se intensificam, e em especial a capacidade de conservação, inclusive de valores, se consolida, que os sentimentos vão sendo organizados na estrutura operatória específica dos grupamentos de valores. É quando eles estão mais presentes nas operações que se diz que se trata de uma operação afetiva. Isso só ocorre porque o indivíduo supera a fase em que os sentimentos característicos são espontâneos e oscilam, aparecendo e desaparecendo em decorrência do momento vivido (período pré-operatório).

Como mencionado no capítulo dois, isso ocorre paralelamente ao desenvolvimento dos grupamentos lógico-matemáticos e infralógicos: o que está em questão são os conteúdos com os quais esses grupamentos lidam. Em comparando as operações afetivas com as operações “*de inteligência*”, Piaget afirma que a única diferença existente é que as primeiras lidam com “[...] valores, ações ou decisões.” (PIAGET, 1999, p. 3).

Sem a conservação de valores, o indivíduo é incapaz, por exemplo, de tratar a todos com igualdade, de sentir gratidão, de atuar com justiça, de ser honesto. Isto porque, para agir desta maneira, ele precisa já ter construído para si e conservado um conjunto de valores que lhe dêem condições de agir com coerência, e a este tipo de coerência Piaget denominou lógica dos valores ou lógica dos sentimentos.

É por esta lógica que valores ou sentimentos decorrentes de relações entre indivíduos ou entre indivíduos e objetos são manipulados em operações. Assim como o pensamento vai aos poucos (com o desenvolvimento da criança, depois do adolescente e do adulto) adquirindo racionalidade, o mesmo ocorre com os valores e sentimentos. Aos poucos eles vão sendo organizados e estruturados e passam a influenciar cada vez mais nas decisões tomadas pelo indivíduo. Tanto que Piaget afirma que é “[...] a afetividade que constitui a mola das ações das quais resulta, a cada nova etapa, esta ascensão progressiva, pois é a afetividade que atribui valor às atividades e lhes regula a energia.” (PIAGET, 1980, p. 69).

Existem situações, no entanto, que são freqüentes, em que ocorrem conflitos de *tendências* que dificultam a tomada de decisão. Note-se que a tendência pode ser entendida como a potência de ação orientada em um sentido definido, mas que não se atualiza, ou porque as condições para tal não estão reunidas, ou porque algum obstáculo a detenha ou retarde (LALANDE, 1999 p. 1119). Nesses casos é que a vontade atua.

Segundo André Lalande, a vontade é a qualidade do caráter que consiste na força (maior ou menor) com a qual uma tendência, com a qual o indivíduo se identifica conscientemente, se mantém e se efetiva embora a ação de outras tendências com as quais ele se conserva passivo (LALANDE, 1999, p. 1228).

Piaget parece concordar com esta idéia. Particularmente no artigo “Vontade e Ação” (PIAGET, 1999), ele explicita sua concepção de *vontade*. Para ele, a vontade não pode ser confundida com o ato intencional uma vez que ela é inútil quando já existe uma intenção, um interesse firme e único. Ela está relacionada a valores e sentimentos morais autônomos e sua função é restabelecer o equilíbrio quando há conflitos de tendências, como no caso de um conflito entre o prazer tentador e um dever.

Neste caso e em análogos, sempre há uma tendência inferior mais forte (o prazer) e uma tendência superior mais fraca (o dever). Uma tendência inferior mais forte (por exemplo, o desejo de ir a uma festa) pode ser superada por uma tendência superior mais fraca (o dever de concluir um trabalho) porque o indivíduo não considera apenas o momento presente. Ele situa a percepção presente considerando seus objetivos, seus valores, lembrando o passado ou antecipando o futuro e considerando seus interesses. Este é outro conceito que precisa ser explicitado.

O conceito de *interesse* é dado como aquilo que realmente importa, que é vantajoso a um indivíduo, quer ele tenha consciência disso ou não (LALANDE, 1999, p. 585).

Para Piaget, o interesse é um “[...] espantoso regulador. Basta que a criança se interesse por um trabalho para achar as forças necessárias para empreendê-lo, enquanto que o desinteresse cessa o emprego desta energia.” (PIAGET, 1980, p. 60-61).

Em outro momento, Piaget discorre sobre os resultados de diversas pesquisas que ele, Inhelder e colaboradores realizaram quanto à possibilidade de existir “diferenças individuais de aptidão” entre indivíduos. Ele afirma que o que existe são *interesses* distintos. Para ele,

“[...] excetuando-se algumas jovens que, embora não sendo menos inteligentes, simplesmente não se interessavam por tais assuntos, não nos foi possível levantar dados sistemáticos que demonstrassem a existência das aptidões em foco, pois todos os colegas, das mais variadas idades, e de nível intelectual médio ou superior à média, revelaram a mesma capacidade de iniciativa e de compreensão.” (PIAGET, 1983a, p. 17).

Esse interesse de que fala Piaget, tal como posto por Lalande, refere-se àquilo que realmente importa, que é vantajoso a um indivíduo. Ora, a distinção sobre o que realmente importa a um indivíduo decorre de sua escala de valores. Então, concebeu-se, para este trabalho, que é a escala de valores que define as prioridades que direcionam as ações e os pensamentos do indivíduo, e que o interesse é a energia empregada nessas ações e nesses pensamentos.

Considerando, então, as noções de operação afetiva, tendência, vontade e interesse, recém-expostas, pode-se sintetizar a ação do indivíduo através de um exemplo adaptado de Piaget, no qual são ressaltadas as funções dessas noções.

Um indivíduo, ao analisar seus compromissos passados, verifica que se comprometeu em concluir determinado trabalho em determinado tempo (pode também antecipar o futuro considerando a satisfação em concluí-lo). A vontade é o elemento que irá subordinar a tendência atual (o desejo de ir à festa) com o interesse de concluir tal trabalho, que decorre da escala de valores do indivíduo.

Ainda neste exemplo, supondo que o valor do compromisso com o trabalho seja maior do que o valor do prazer, há maior interesse, portanto, energia empregada para tal; a vontade regula a tendência inferior mais forte (o prazer) em função da tendência superior mais fraca (o dever), e esta última é priorizada.

A vontade consiste, portanto, em reforçar a tendência superior e frágil tornando-a vencedora. E, sendo ela uma ação internalizada, reversível e coordenada com outras operações constituindo um sistema, ela é uma operação piagetiana, independentemente de seus conteúdos. Note-se, contudo, que ela atua quando existem conflitos de tendências. Quando há um interesse firme e único, a ação é definida em função do interesse. A Figura 3.1 (a) mostra o esquema em uma situação em que há conflito de interesses, e a Figura 3.1 (b) mostra o esquema genérico em situações em que há interesse firme e único.

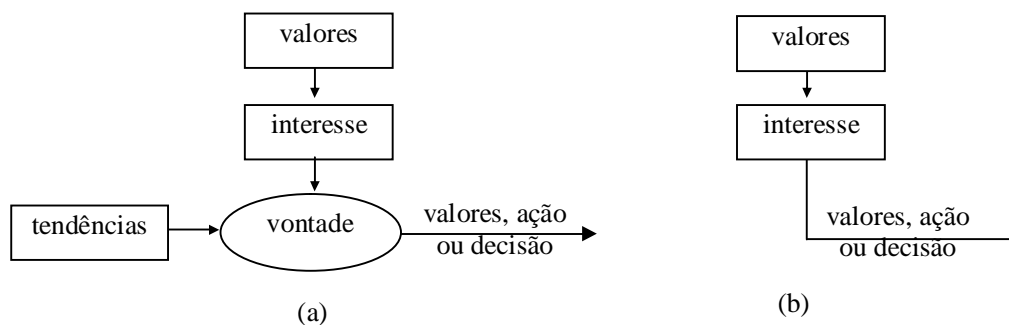


Figura 3.1 - Esquema de uma operação afetiva (a) com conflito de tendências e (b) com interesse firme e único

Esses três conceitos, operação afetiva, tendências, vontade e interesse, são importantes no contexto do presente trabalho, especialmente porque foram empregados na definição do conjunto de Requisitos Piagetianos para uma Arquitetura de Agentes e Sistemas Multiagente, descrito no capítulo seis.

Por outro lado, há um tipo especial de interação: aquela em que indivíduos prestam serviços entre si. Como os valores são noções qualitativas, também em uma interação deste tipo, o indivíduo é capaz de medir, de comparar o resultado delas, podendo, inclusive, por exemplo, perceber que um trabalho feito para outro indivíduo foi *maior* que a valorização que recebeu em troca. Cabe aprofundar, na próxima seção, um pouco a questão das trocas de valores entre indivíduos.

3.2.3 A dinâmica dos valores na prestação de serviços

No artigo “Ensaio Sobre a Teoria dos Valores Qualitativos em Sociologia Estática (“Sincrônica”)” (PIAGET, 1973, p. 114-163), Piaget concentrou-se em discutir sobre este tipo especial de interação, aquele em que um indivíduo presta serviço a outro. Esta escolha parece decorrer da tentativa de simplificar o problema das trocas sociais, que é extremamente amplo, visando efetuar sua formalização operatória (COSTA, 2003).

Toda ação ou reação de um indivíduo, que pode ser material ou subjetiva, de modo geral, repercute sobre outros indivíduos. Motivada e/ou avaliada de acordo com a escala de valores deste indivíduo, a ação ou reação pode lhe ser proveitosa (promovendo satisfação), prejudicial (promovendo prejuízo) ou indiferente. Note-se que essas avaliações são relações percebidas diretamente pela consciência dos indivíduos envolvidos.

Por exemplo, considerando um indivíduo A que presta um serviço a um indivíduo B. O indivíduo A emprega esforços em benefício ao indivíduo B, que geram créditos para A ou estabelecem uma dívida de B para com A. Após o serviço prestado, notam-se três situações possíveis:

- 1) *Há reciprocidade*: o indivíduo B faz o mesmo pelo indivíduo A.
- 2) *Há certo altruísmo*: o indivíduo A se contenta em ver o indivíduo B satisfeito, mas sabe que poderá contar com ele.
- 3) *Não há reconhecimento*: O indivíduo B nada retribui ao indivíduo A.

Existem variantes dessas situações que apresentam maior ou menor intensidade desses elementos. Para representar estas relações, essas trocas qualitativas, Piaget as modelou

considerando quatro momentos distintos. Por exemplo, considerando os indivíduos A e B, as trocas de valores entre eles são assim definidas (PIAGET, 1973):

- 1) r_A : que denota a *ação* de A sobre B, quando A presta *serviço* para B.
- 2) s_B : que denota a *satisfação* de B com A, decorrente da *ação* r_A , que pode ser positiva, negativa ou nula.
- 3) t_B : que denota a *dívida* de B para com A, resultante da *satisfação* s_B .
- 4) v_A : que denota a *valorização* de A por parte de B, resultante da *dívida* t_B .

A partir desta definição podem-se definir as *trocas qualitativas equilibradas* através da expressão a seguir, que representa o caso em que o indivíduo A realiza um serviço para o indivíduo B e este, por sua vez, o valoriza devidamente.

$$(r_A \equiv s_B) \bullet (s_B \equiv t_B) \bullet (t_B \equiv v_A) \equiv (v_A \equiv r_A)$$

Nesta expressão, o símbolo \bullet denota a *operação lógica “e”*, e \equiv denota a relação de *equivalência qualitativa*. Ela obedece à seguinte seqüência de equivalências qualitativas:

- 1) Se o indivíduo A realiza um serviço para o indivíduo B gerando-lhe uma equivalente satisfação, então $r_A = s_B$.
- 2) Se esta satisfação gera uma dívida equivalente, então tem-se $s_B = t_B$.
- 3) Se este serviço produz uma valorização equivalente de A por B, então se tem $t_B = v_A$.
- 4) Se a satisfação de B equivale ao crédito de A, tem-se $v_A = r_A$.

Outras combinações são possíveis, como, por exemplo, aquela em que o indivíduo A trabalha com prejuízo; ou o indivíduo A realiza um trabalho fácil e recebe valorização maior do que seu esforço; ou o indivíduo A trabalha com prejuízo e o indivíduo B não quer reconhecer este fato; ou o indivíduo A é super valorizado por B, entre outras.

Se, em um serviço concluído realizado pelo indivíduo A para o indivíduo B, ocorre uma troca de um valor real r_A por uma valorização v_A , então A fica com um crédito v_A e pode utilizá-lo pedindo a B algum serviço em resposta a este crédito. Assim, vale a seguinte expressão, onde \bullet denota a *operação lógica “e”*, e \equiv denota a relação de *equivalência qualitativa*.

$$(v_A \equiv t_B) \bullet (t_B \equiv r_B) \bullet (r_B \equiv s_A) \equiv (s_A \equiv v_A)$$

Esta expressão obedece à seguinte seqüência de equivalências qualitativas:

- 1) Se B reconhece uma dívida para com A, então $v_A \equiv t_B$.
- 2) Se B salda sua dívida com um serviço equivalente, então $t_B \equiv r_B$.
- 3) Se este serviço satisfaz a A, então $r_B \equiv s_A$.
- 4) Se a satisfação de A equivale à dívida original de B, então $s_A \equiv v_A$.

Note-se que, em ambas as expressões mostradas anteriormente, os valores r e s , chamados *valores atuais*, são ações efetivas realizadas pelos indivíduos A e B. Os valores v e t , chamados *valores virtuais*, correspondem a ações que os indivíduos executarão no futuro.

No caso de trocas em que ocorre satisfação imediata dos indivíduos envolvidos, basta considerar os valores atuais e anular os valores virtuais. É o caso em que um indivíduo

fornece um livro para o outro e este outro retribui imediatamente com uma gravura, objetos desejados por ambos. Nesta troca, ambos ficam satisfeitos e ela se conclui.

Se a troca ocorre com o passar do tempo, os valores virtuais entram em jogo. No exemplo anterior, o indivíduo fornece o livro, mas o outro não tem a gravura para lhe retribuir de imediato. Isso faz com que o primeiro tenha um crédito em relação ao segundo.

É preciso dizer ainda que cada indivíduo, de modo geral, atua autonomamente, especialmente a partir do final do período operatório concreto, ocasião em que as coações vão sendo superadas pelas relações de igualdade e reciprocidade. As trocas efetuadas por esses indivíduos são, portanto, efetuadas porque eles decidem assim proceder: a autonomia está presente. E considerando a importância do conceito de autonomia (também para a área de sistemas multiagente, conforme discutido no capítulo cinco), alguns comentários sobre ela, do ponto de vista piagetiano, são feitos a seguir.

3.3 Autonomia

Em “Biologia e Conhecimento” (PIAGET, 2000), Piaget identifica que são os mecanismos de equilíbrio e auto-regulação que possibilitam que o todo organismo (incluindo o indivíduo) conserve sua autonomia e resista aos desequilíbrios que seu dinamismo lhe impõe.

Ora, os desequilíbrios são uma constante na vida de um indivíduo. Tanto que, como apontado no capítulo dois, são eles que fazem com que o indivíduo procure equilibrar-se novamente, criando recursos para este fim. Note-se que esses desequilíbrios e equilíbrios se dão no nível das estruturas cognitivas.

À medida que o indivíduo constrói para si estruturas cognitivas mais equilibradas, ou seja, sistemas operatórios em equilíbrio³⁸, mesmo que momentâneo, ele cria condições de realizar suas interações de maneira mais adaptada e autônoma. Piaget afirma que

[...] o conjunto das operações do pensamento, e especialmente as operações lógico-matemáticas elementares (operações aditivas e multiplicativas de classes, de relações e de número ou de métrica espacial, correspondências, isomorfismos, etc.), pode ser considerado um vasto sistema auto-regulador, que assegura a autonomia e a coerência do pensamento. (PIAGET, 2000, p. 21, grifo nosso).

A autonomia abrange também as estruturas afetivas, que estão ligadas aos valores. Piaget afirma que a vida afetiva só é puramente intuitiva durante a primeira infância, período em que a impulsividade impede a orientação constante do pensamento e dos sentimentos. À medida que os pensamentos e sentimentos se organizam, ocorrem as regulações, cuja forma de equilíbrio final é a vontade. E a vontade “[...] é uma função de aparição tardia e seu exercício real está precisamente ligado ao funcionamento dos sentimentos morais autônomos” (PIAGET, 1980, p. 80, grifo nosso).

Em outras palavras, o indivíduo constrói para si sua estrutura cognitiva que contempla tanto aspectos lógicos, infralógicos, quanto afetivos. O equilíbrio dessas estruturas possibilita que ele atue autonomamente no ambiente em que está inserido. E isso contempla as interações que realiza com os objetos e com os outros indivíduos.

³⁸ Os sistemas operatório concreto e o operatório formal, ao serem construídos pelo indivíduo, representam uma situação de equilíbrio bastante característica.

Particularmente as interações decorrentes de suas relações com outros indivíduos são fontes de desequilíbrios diversos. Isto porque existem apenas dois extremos nas relações interindividuais que estão em equilíbrio, a coação e a cooperação. Entre elas estão uma infinidade de outras relações onde predomina um ou outro destes extremos, e, portanto, apresentam desequilíbrios em graus diversos.

As relações de coação, onde há pelo menos uma autoridade e uma submissão, conduzem à heteronomia, à obediência. As relações de cooperação, onde há igualdade e reciprocidade, conduzem à autonomia. E, para Piaget, “[...] quem diz autonomia, em oposição à anomia e à heteronomia, diz, com efeito, atividade disciplinada ou autodisciplina” (PIAGET, 1973, p. 111). Essa disciplina a que ele se refere diz respeito à conduta do indivíduo, que se caracteriza pela coerência de atitudes e de reações afetivas.

Pode-se dizer, portanto, que, para Piaget, um indivíduo é autônomo quando suas estruturas cognitiva e afetiva estão, predominantemente, em equilíbrio. Isto porque ele possui instrumentos cognitivos e afetivos suficientes para tomar decisões, e agir de modo equilibrado, visto que utiliza suas estruturas de maneira coerente e lógica.

4 Grupamentos lógico-matemáticos

O objetivo deste capítulo é apresentar e discutir os grupamentos lógico-matemáticos para, em conjunto com outros conceitos importantes, via isomorfismo, poder melhor compreender o grupamento de valores, estrutura também importante nas operações componentes da cooperação na ação, tema de maior interesse ao presente trabalho.

Este capítulo está organizado em três partes. A primeira, que é a Seção 4.1, apresenta uma visão geral sobre a importância de compreender o mecanismo operatório característico do período operatório concreto e que subjaz nas interações sujeito/objeto e sujeito/sujeito que o indivíduo realiza. Para isso, aborda o papel das classes e relações no desenvolvimento cognitivo do indivíduo. Objetiva também efetuar alguns posicionamentos particularmente com relação à nomenclatura utilizada neste capítulo.

A segunda parte, envolvendo as Seções 4.2 e 4.3, apresenta discussões teóricas que fundamentam, dão origem e justificam o emprego dos grupamentos lógico-matemáticos propostos por Piaget para efetuar operações com classes e relações qualitativas. A terceira, envolvendo as Seções 4.4 e 4.5, individualiza os quatro grupamentos de classes e os quatro grupamentos de relações componentes do grupamento lógico-matemático, apontando suas características e propriedades.

4.1 O papel das classes e relações no desenvolvimento cognitivo

Como apresentado no capítulo dois, ao nascer, o bebê já coloca em prática seus invariantes funcionais (adaptação e organização), que constituem o mecanismo empregado por ele para construir e ampliar continuamente suas estruturas cognitivas.

É através das atividades sensoriais e motoras que os esquemas de ação vão sendo construídos. Um esquema, como disse Piaget, é um esboço das ações que podem ser repetidas. Mas o bebê só sabe quanto à totalidade das situações nas quais cada esquema pode ser aplicado na medida em que os exercita. Então, frente a um novo objeto, o bebê nele aplica todos os esquemas que já possui (chacoalha, suga, bate, etc.), tanto para ampliar sua estrutura quanto para verificar qual (se algum) esquema melhor se adapta àquela situação. Fica evidenciado que, mesmo elementar que seja a ação deste bebê, ele aos poucos passa a realizar um tipo rudimentar de classificação³⁹ ou relação, uma tentativa de associar a um objeto os esquemas que lhe são aplicáveis através das ações que pode realizar com ele.

Algo análogo se observa com crianças já um pouco mais maduras, quando lidam com coleções figurais, etapa em que elas fazem as primeiras aproximações das seriações e classificações operatórias. Também nesta fase a criança assimila os objetos geralmente conforme suas utilidades e semelhanças, o que também caracteriza uma certa classificação ou relação (CHIAROTTINO, 1972).

As ações que viabilizam que a criança constata as características dos objetos com os quais interage, incluindo os outros indivíduos, não são quaisquer ações, mesmo considerando a multiplicidade de situações possíveis. Trata-se de ações que se coordenam e constituem sistemas. Esses sistemas vão paulatinamente sendo construídos e organizados sob a forma de estruturas, que atendem a determinadas leis de composição e de operatoriedade, e atingem um equilíbrio no período operatório concreto. É neste período que a criança efetivamente é capaz

³⁹ Zélia Chiarottino (CHIAROTTINO, 1972, p. 11) já lembrava muito bem que Piaget distinguiu estas espécies de classificações (*classements*) das classificações operatórias (*classifications*).

de realizar operações de classificação e relação, que são fundamentais para vida lógica do ser humano.

Essas leis (tratadas mais adiante) que caracterizam essas estruturas que foram concebidas por Piaget são assim porque correspondem, segundo ele, às leis do funcionamento da própria estrutura mental do ser humano. Sendo assim, essas leis representam, dialeticamente, tanto o funcionamento da estrutura mental quanto o mecanismo operatório presente nas operações que a criança realiza, o que inclui a cooperação.

A comprovação (ou não) desta concepção elaborada por Piaget está por ser feita, visto que ainda não existem métodos e técnicas adequadas e suficientes para refutá-la ou corroborá-la. O que tem sido feito, até o momento, são experimentos com crianças (como o que foi feito neste trabalho e discutido no capítulo sete) que mostram que se podem observar essas leis através do comportamento dessas crianças, frente a situações criadas para tal.

Voltando, porém, à questão das classes e relações, é no período operatório concreto que a criança as realiza efetivamente. De modo geral, uma classe é uma “[...] reunião de termos individuais” (PIAGET, 1976, p. 50) enquanto uma relação é “[...] o que permite reunir estes termos segundo suas equivalências, sua ordem, etc.” (PIAGET, 1976, p. 50), e subjacentes a este tipo de operação estão as noções de extensão, associadas às classes, e compreensão, associadas às relações. *Extensão* é o conjunto de elementos aos quais se aplica um conceito e *compreensão* é o conjunto de atributos que elementos possuem em comum.

Então, estando a criança na fase do período operatório concreto, ela passa a ter noção do todo, e, por exemplo, considerando um ramallete onde existem cinco rosas brancas e amarelas e três cravos vermelhos, ela passa a operar com essas noções. Ao separar as rosas brancas, a criança pode dizer, por exemplo, que ali estão todas as rosas de cor branca. E se alguém lhe alcançar mais uma rosa branca, ela percebe que aquele conceito (rosas brancas) lhe cabe e, portanto, a rosa recém-alcançada deve ser incluída naquela classe. Ao fazer isso, a criança está classificando. E se, por outro lado, ela colocar todas as flores em ordem de tom de cor, da mais escura para a mais clara, ou seja, colocar inicialmente os cravos vermelhos, depois as rosas amarelas e as rosas brancas, ela está estabelecendo relações. A criança organiza essas flores através do elemento que elas possuem em comum, a cor, e ainda as coloca em série.

Note-se que essas operações se assemelham em certo sentido às ações que a criança realizava quando ainda bebê ao associar esquemas com determinadas aplicações, e o que ocorre nesta fase é que a criança atingiu um nível mais avançado, mais equilibrado; um sistema em um estado de elaboração mais sofisticado, mais equilibrado. E é assim que o indivíduo passa a operar cada vez mais lógica e racionalmente. Ou seja, as operações de classes e relações são os primeiros conjuntos de operações que são construídas e podem ser notadas no comportamento da criança, e são elas que dão sustentação à constituição e emprego de outras noções, tais como peso, volume, velocidade, proporções, etc.

Operar lógica e racionalmente, contudo, não é só isso. Além das operações infralógicas, a criança emprega nessas interações sua afetividade. Ela pode, por exemplo, dizer que gosta mais de rosas do que de cravos; que gosta mais desses amigos do que de outros. Em ambos esses exemplos, primeiro foi necessário que ela estabelecesse comparações e construísse uma seriação. A criança pode também decidir que não vai tomar um objeto de outra pessoa para si, porque esta atitude não está correta; e que determinado desenho não ficou bonito. Nesses casos, estão presentes questões morais e estéticas, que decorrem dos valores construídos por ela. Enfim, a criança pode empenhar-se em praticar determinado esporte, porque lhe é satisfatório. Neste caso, os valores que possui a impulsionam a agir, ou seja, interferem em seus interesses.

Em todos esses exemplos, os valores estão em jogo (tanto como fontes de interesses como elementos qualitativos passíveis de serem operados), e com eles a criança pode operar construindo para si escalas de valores que são utilizadas em suas interações. Este tema interessa muito ao presente trabalho, visto que também na cooperação na ação estão presentes questões afetivas, além das lógicas e infralógicas.

Como já mencionado, Piaget e colaboradores preocuparam-se em aprofundar estudos sobre os grupamentos lógico-matemáticos, como pode ser visto com mais detalhes nas obras (PIAGET, 1942) e (PIAGET, 1976). Esta opção pode ter sido motivada pelo fato de que eles concluíram que as demais estruturas (infralógicas e de valores) e subestruturas lhes são isomorfas. Ou seja, bastava aprofundar uma delas e as demais poderiam ser compreendidas de maneira similar. E é a esta atividade que este capítulo se destina: a compreender bem os grupamentos lógico-matemáticos para fazer inferências sobre as operações realizadas pelas demais estruturas cognitivas, mas, em especial, sobre os grupamentos de valores. A título de esclarecimento, cabe explicitar algumas denominações utilizadas neste capítulo e a maneira como se concebe a estrutura cognitiva do indivíduo no período operatório concreto.

Concebe-se, como Piaget, que a estrutura cognitiva total do indivíduo que está no período operatório concreto, ilustrada pelo item (a) da Figura 4.1, mostrada a seguir, é denominada grupamento. Essa estrutura total é composta por subestruturas, que, por simplicidade, são denominadas *estruturas*, que são representadas nas Figuras em 4.1 e 4.2 como *lm*, *in*, *vl* e *o*, significando, respectivamente, o grupamento lógico-matemático, o infralógico, o de valores e os demais que podem existir, mas que não foram investigados por Piaget. A Figura 4.1 ilustra esta concepção.

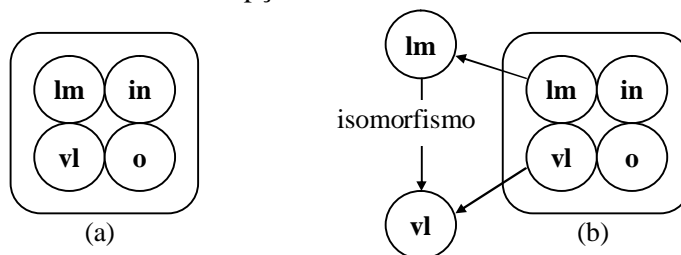


Figura 4.1 - (a) Ilustração da estrutura cognitiva do período operatório concreto com destaque (b) para o isomorfismo dos grupamentos lógico-matemáticos com o de valores

Optou-se, neste capítulo, por centrar os estudos no grupamento lógico-matemático, para, através dele, também compreender o grupamento dos valores. Em consonância com a principal obra de Piaget utilizada neste trabalho, o “Ensaio de Lógica Operatória” em sua versão traduzida para o português (PIAGET, 1976) e na versão original em francês (PIAGET, 1972), que descrevem que os grupamentos são compostos por oito subgrupamentos, quatro de classes e quatro de relações, optou-se por utilizar o termo grupamento no plural, tal como aparece naquelas obras. Portanto, utiliza-se o termo *grupamentos* para simplificar a denominação desses oito subgrupamentos. Cabe reafirmar que esta nomenclatura, criada por Piaget, pode causar problemas de compreensão a um leitor inexperiente, daí a necessidade de compreender esta múltipla aplicação da mesma denominação.

A Figura 4.2 ilustra as três estruturas que são denominadas por Piaget com as mesma designação: *grupamento* ou *grupamentos*. A primeira Figura (a) ilustra a estrutura cognitiva total do indivíduo do período operatório concreto. A segunda Figura (b), representa o grupamento lógico-matemático, extraído da estrutura total anterior. Ele também é denominado *grupamento*. Por fim, a última Figura (c), representa as quatro estruturas de

classes individualizadas por $c1$, $c2$, $c3$ e $c4$ e as quatro estruturas de relações, individualizadas por $r1$, $r2$, $r3$ e $r4$, também denominados *grupamentos*. A Figura 4.2 ilustra esta questão.

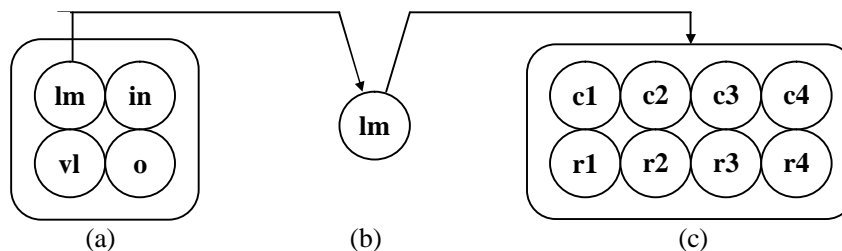


Figura 4.2 - Ilustração das três estruturas denominadas *grupamento* ou *grupamentos*

Este capítulo contém, portanto, o estudo dos quatro grupamentos de classes de quatro de relações, componentes do grupamento lógico-matemático. Antes, porém, uma discussão sobre a lógica das classes e das relações na concepção piagetiana e sua influência da lógica matemática.

4.2 Lógica das classes e lógica das relações

Piaget empregou os conceitos de *classe fracamente estruturada* (ou classe fraca), e *relação intensiva* objetivando atender à necessidade de formalizar as operações de *classificação* e de *seriação* com conteúdos *qualitativos* características do período operatório concreto. Da composição desses conceitos, Piaget construiu uma estrutura inexistente na matemática a que denominou *grupamento*. Os próximos parágrafos e seções são dedicados a explicar com mais detalhes estas noções. A começar pela abordagem da lógica matemática.

A *lógica matemática*⁴⁰ lida com elementos desprovidos de qualificação (seus significados) e considera apenas as relações entre elementos de um conjunto com elementos de outro conjunto. Neste caso, um elemento pode ser identificado como *qualquer elemento*, visto que ele é isento de qualidades, e por isto mesmo ela é dita genérica. Quando o elemento perde suas qualidades individuais, ele torna-se uma unidade inserida entre outras. É assim que a multiplicação entre um elemento qualquer x do conjunto X , e um elemento qualquer y do conjunto Y , constitui uma relação de elemento a elemento.

Além disso, a lógica matemática considera os elementos de um conjunto abstrato como distintos entre si, apesar da ausência das propriedades que os distingue. Por exemplo, todas as ordens possíveis de enumeração são semelhantes visto que os elementos não possuem qualidades distintivas: pode-se proceder x, y, z ou z, y, x , e sempre existirá um primeiro elemento que assim o é após ter sido comparado com um segundo, de modo a diferenciá-lo de um terceiro; o terceiro é comparado com o segundo, com o primeiro, etc.

Note-se que a correspondência relativa Á lógica matemática, que associa um termo qualquer do conjunto X a um termo qualquer do conjunto Y , é a bijeção. Esta correspondência matemática é uma conexão direta de elemento a elemento ou de “parte a parte”. O que efetivamente está em questão na teoria piagetiana, porém, são as conexões dos

⁴⁰ A lógica matemática é denominada por Piaget de *Lógica dos Conjuntos Abstratos*. Quanto à *Lógica das Classes e Lógica das Relações* (que na verdade, Piaget as assim denominou a título de organização didática), compõem um conjunto único denominado por ele de *Lógica dos Conjuntos Concretos*.

elementos ao todo. Estas conexões são obtidas através da lógica das classes e das relações, tratadas nas próximas seções.

4.2.1 Lógica das classes

A lógica das classes é considerada por Piaget exclusivamente a partir das chamadas classes *fracamente estruturadas* (ou simplesmente classes). Para a construção das classes fracamente estruturadas, emprega-se o *princípio de substituição simples* (ou *princípio de substituição*). Sob o ponto de vista psicológico, uma interpretação para a “substituição simples” corresponde a um mecanismo geral da ação e do pensamento que é o da identificação dos objetos a um esquema de atividade.

Então, por exemplo, considerando um objeto como sendo feito “de madeira”, se uma dada ação se refere a ele, essa ação pode ser repetida com outros objetos que sejam do “mesmo tipo”, que poderão ser cortados, talhados, pintados, etc. Note-se, portanto, que esses “outros objetos” são comparados ao primeiro sob o ponto de vista da *ação considerada*. Se uma ação qualquer se aplica aos objetos, ocorre uma operação lógica elementar de substituição.

É assim que se pode definir classe fracamente estruturada e equivalência qualitativa entre objetos, fundamental para a construção das classes (PIAGET, J., 1976), e enunciar o princípio de substituição, que pode ser aplicado a um esquema de atividade e expressões ou objetos qualitativamente equivalentes.

Definição 4.1: Chamam-se de *classe fracamente estruturada* aquelas classes tais que os indivíduos que pertencem a uma delas (por exemplo B) sejam ligados entre si pela posse de certas qualidades comuns *b* próprias a esta classe, sem que nenhuma operação dada permita construir, a partir dessas propriedades *b*, as qualidades *c*, etc., próprias às classes C, etc., nas quais a classe B está incluída, nem as qualidades próprias às classes A incluídas em B.

Definição 4.2: Dois objetos são *qualitativamente equivalentes* se podem ser substituídos um pelo outro considerando argumentos lógicos que conferem um mesmo valor de verdade a uma dada função proposicional. Ou seja, dois termos x_1 e x_2 da classe A são ditos serem *equivalentes qualitativamente* em relação à classe A se possuem uma dada qualidade comum *a* de A. Nesse caso denota-se $x_1 \xleftarrow{a} x_2$ para indicar que x_1 e x_2 possuem a qualidade *a*.

Princípio da substituição: Uma *ação* qualquer, ou uma parte dessa ação, pode ser substituída por uma ação qualitativamente equivalente, e a ação que assim resulta é equivalente à ação original.

Uma relação de *equivalência qualitativa* é sempre relativa a um determinado ponto de vista, expressão de uma dada função proposicional, de modo que dois objetos podem ser equivalentes do ponto de vista de uma dada função e não o serem do ponto de vista de outra função.

Portanto, a *equivalência na lógica das classes* admite níveis hierárquicos e significações distintas. A equivalência depende do modo com que as classes são construídas. A

equivalência é a co-pertinência de dois elementos a uma mesma classe ou a co-inclusão de duas classes em uma mesma classe total. Se um elemento é equivalente a outro relativo a uma qualidade determinada, ele pode ser equivalente a outros elementos relativamente à outra qualidade determinada. Assim, tem-se a seguinte proposição:

Proposição 4.1: Uma *equivalência qualitativa* é uma *relação reflexiva e transitiva* em relação à classe A sob uma dada qualidade comum a de A. Ou seja, satisfaz às seguintes propriedades:

a) Reflexividade: $(x \in A; x \xleftarrow{a} x)$;

b) Transitividade: $((x_1, x_2, x_3) \in A; x_1 \xleftarrow{a} x_2 \wedge x_2 \xleftarrow{a} x_3 \rightarrow x_1 \xleftarrow{a} x_3)$.

Ou seja, o único termo equivalente a ele é ele mesmo, e, se um elemento é equivalente a outro relativo a uma qualidade determinada, ele é equivalente a este outro elemento relativamente a esta qualidade.

Note-se que não há simetria⁴¹, visto que a *lógica qualitativa* pode ser assimétrica, como é possível verificar através do seguinte exemplo: se “ x é pai de y , então y não pode ser pai de x ”. Ao contrário do que ocorre na Teoria dos Conjuntos, na lógica qualitativa os elementos carregam consigo suas qualidades, o que interfere no significado final do sistema que está sendo considerado.

Então, uma equivalência qualitativa é distinta de uma equivalência matemática porque algumas das operações definidas nas estruturas piagetianas são assimétricas. Mas isso não impede que, quando as operações de Piaget são simétricas, ela (a definição de equivalência) coincida com a definição de equivalência matemática.

Toda classe faz parte de um sistema total. Uma classificação é, então, um “[...] sistema formado por um encaixe hierárquico de classes elementares disjuntas.” (PIAGET, 1976, p. 79). Uma classe, sendo um sistema total, comporta uma estrutura formal própria e suas leis de composição de conjunto. Desse modo Piaget define os seguintes princípios:

Princípio 4.1: Uma *classificação formalmente elaborada* é aquela em que toda classe se apresenta simultaneamente incluída em alguma classe de ordem superior, e incluindo alguma classe de ordem inferior, com exceção da classe total, que é a classe referencial, que contém todas as outras classes, e as classes elementares, que nada contêm além do elemento individualizado.

Princípio 4.2: As diversas classes pertencentes a um mesmo nível hierárquico são disjuntas. É o caso da classificação das espécies; um indivíduo não pode pertencer a duas espécies X_1 e X_2 ou a dois gêneros Y_1 e Y_2 ao mesmo tempo. Em contrapartida, cada classe constitui a parte comum entre ela própria e as classes de nível superior.

⁴¹ Na definição de relação de equivalência na Teoria dos Conjuntos, ao contrário, há simetria.

Princípio 4.3: As classes do mesmo nível só podem ser caracterizadas de modo dicotômico, ou seja, pela presença ou ausência de caracteres dados. É o caso, por exemplo, das classes dos mamíferos ou répteis, dos vertebrados ou invertebrados.

Princípio 4.4: Todo elemento individual está encaixado em uma seqüência de classes, pertencendo, respectivamente, a cada um dos níveis sucessivos da hierarquia. Por exemplo, no caso da classificação das espécies, um indivíduo deve ser classificado em uma das espécies, em um dos gêneros, em uma das famílias e assim sucessivamente.

Princípio 4.5: A classificação supõe uma certa organização. Cada classe primária de nível X está encaixada em uma classe primária de nível Y, que, por sua vez, está encaixada em uma classe primária de nível Z, e assim sucessivamente, seguindo uma organização vertical, como um reticulado (ver Seção 4.2.2). Assim, cada nível da hierarquia (cada faixa horizontal do reticulado) é ocupado por um número indeterminado de classes primárias não ordenadas entre si, e a classificação constitui um conjunto “parcialmente ordenado” (ver Seção 4.2.2).

Esses cinco princípios norteiam a definição das operações que caracterizam completamente as classes fracamente estruturadas construídas por Piaget para descrever as operações relativas às classes no contexto do grupamento *lógico-matemático*.

4.2.2 Lógica das relações

Relações são extraídas a partir de classes ordenadas por algum critério, visto que, quando as classes estão ordenadas de uma certa maneira, elas exprimem naturalmente, pela própria ordenação, as relações existentes. Mais especificamente, as relações são construídas a partir das classes *semi-estruturadas*, que são assim definidas:

Definição 4.3: Chamam-se de *classe semi-estruturada* aquelas classes tais que seus objetos x_1, x_2, x_3, x_4 , etc., são seriados segundo suas diferenças sem que exista operação que permita compor as diferenças entre objetos não consecutivos a partir apenas da diferença de objetos consecutivos.

A diferença entre as classes fracamente estruturadas e as classes semi-estruturadas refere-se à natureza das relações que unem os elementos da classe, e, conseqüentemente, às conexões entre a extensão e a compreensão. É por isso que o que se faz na lógica das relações é agrupar relações assimétricas transitivas (PIAGET, 1976, p. 120), e isto é feito através de classes semi-estruturadas e relações intensivas. Formalmente, as relações intensivas são assim definidas:

Definição 4.4: Chamam-se de *relação intensiva* aquelas relações que, por definição, apresentam como quantificação apenas a relação de desigualdade entre a parte e o todo, e como equivalência apenas a co-posse da mesma qualidade.

Piaget afirma que um método para exposição de relações baseadas em compreensão é através da *representação sagital*, que consiste em representar os termos das relações por símbolos de indivíduos ou de classes e as relações por flechas que visam exprimir o sentido da conexão. Por exemplo, $x \longrightarrow y$ representará, por exemplo, x pai de y ⁴².

Ele prefere usar este método de representação visto que o símbolo se refere à relação enquanto propriedade relativa (à compreensão). Esta, ligada pelas flechas, permite criar expressões que contribuem para não confundir as operações referentes às relações e as operações referentes a seus termos enquanto elementos de classes (PIAGET, 1976 p. 124).

Um exemplo de *relações intensivas* sugerido por Piaget (PIAGET, 1976 p. 64) é o seguinte. Sejam a classe A dos quadrúmanos, a classe B dos vertebrados, e a classe C dos mamíferos. Percebe-se que as relações, ao qualificarem essas classes, constituem propriedades dadas e não construídas. O que ocorre em comum nessas relações é sua equivalência qualitativa. Quanto mais extensa for uma classe fracamente estruturada, menos ela é rica em compreensão (espécie é de compreensão mais rica do que gênero). Sua extensão só pode ser conhecida relativamente à das classes encaixantes ou encaixadas.

As relações $\longleftarrow^a, \longleftarrow^b, \longleftarrow^c$, etc., constituem a *compreensão correspondente às classes* A, B, C, etc. Por exemplo, a relação \longleftarrow^a existente entre os indivíduos da classe A significa que eles possuem em comum as características específicas dos quadrúmanos. A relação \longleftarrow^b existente entre os indivíduos da classe B significa que eles possuem em comum as glândulas mamárias. A relação \longleftarrow^c existente entre os indivíduos da classe C significa que eles possuem em comum as vértebras. Essas relações são chamadas de *equivalência qualitativa*. Não se podem conceber os quadrúmanos A, ou as vértebras dos vertebrados C, a partir das glândulas mamárias dos mamíferos B.

Note-se a diferença entre as *equivalências qualitativas* $\longleftarrow^a, \longleftarrow^b, \longleftarrow^c$, etc., e outras *relações* possíveis de serem extraídas das classes A, B, C, etc., como a *pertinência* $x \in A$ ou a inclusão $A \subseteq B$. Essas inclusões podem ser compostas por meio de operações a exemplo de $(A \subseteq B) \wedge (B \subseteq C) \rightarrow (A \subseteq C)$, e delas extrair implicações diversas. Mas estas *operações não equivalem à construção de relações* $\longleftarrow^a, \longleftarrow^b, \longleftarrow^c$, etc., umas a partir das outras. Elas se limitam a construir encaixes de classes e extrair desses encaixes proposições que se encadeiam umas às outras a partir dos dados fornecidos.

Essas e outras diferenças caracterizam as distinções entre os aspectos formais e qualitativos da Teoria de Piaget e os aspectos formais da Lógica Clássica.

4.2.3 Uma sistematização da lógica das classes e das relações

A Lógica das Classes ou Lógica dos Conjuntos Concretos lida com elementos qualificados, dotados de propriedades que não se perdem em nenhuma das operações feitas sobre eles. Ela considera as relações de parte e todo, quer sejam diferenças qualificadas quer equivalências qualificadas. Neste caso, um elemento o é como tal porque intrinsecamente dotado daquelas propriedades.

A estrutura específica dos encaixes própria das classes, e a estrutura específica das diferenças e equivalências entre parte e todo própria das relações, é constituída pelo

⁴² Note-se que, na Matemática, a representação usual seria xRy .

grupamento, estrutura de conjunto de composição reversível como o grupo, mas fundamentada basicamente nas operações de classes e relações. Considerando as qualidades, cuja presença caracteriza a lógica das classes e relações, os elementos envolvidos ou são substituíveis (classes e relações de equivalência qualitativa) ou seriáveis (relações assimétricas), mas não ambas as situações ao mesmo tempo. Uma síntese sobre os grupamentos de classes e de relações é mostrada na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Comparação das principais características dos *grupamentos de classes* e dos *grupamento das relações*

	Grupamentos das Classes	Grupamento das Relações
Operação direta	Consiste em acrescentar elementos (individuais ou coletivos) a outros e o resultado é um elemento (individual ou coletivo) do mesmo grupamento: duas classes podem ser reunidas em uma classe maior que a contenha.	Consiste em acrescentar diferenças aos elementos (individuais ou coletivos). Duas relações podem ser juntadas em uma relação que as contenha.
Operação inversa	Consiste em retirar elementos (individuais ou coletivos) de outros. Esta operação anula a operação direta.	Consiste em retirar as diferenças entre os elementos (individuais ou coletivos). Esta operação anula a operação direta.
Operação idêntica geral	Consiste em não considerar nenhum termo (individual ou coletivo) – sinônimo de zero.	Consiste na diferença nula – sinônimo de equivalência.
Operação idêntica especial tautologia e reabsorção	Operando um elemento com ele mesmo resulta no mesmo elemento (tautologia). Sendo classes encaixadas, o todo absorve as classes que o contém (reabsorção).	Operando com uma relação de diferença com ela mesma resulta na mesma relação (tautologia). Sendo relações ordenadas, o todo absorve as relações de diferença que o compõem (reabsorção).
Operação associativa	A composição das operações de classificação é associativa no sentido lógico do termo. Significa que um resultado de classificação obtido por duas vias diferentes continua o mesmo nos dois casos.	A composição das operações de relação é associativa no sentido lógico do termo. Significa que um resultado de uma relação obtido por duas vias diferentes continua o mesmo nos dois casos.
Natureza da inversa	As operações inversa e idêntica geral baseiam-se no princípio da negação simples, ou seja, de complementaridade com referência ao conjunto considerado. Portanto, a inversa da complementaridade é a negação. As classes desenvolvem as estruturas cognitivas de complementaridade e negação.	As operações inversa e idêntica geral de relações baseiam-se no princípio de reciprocidade, portanto, operação recíproca à complementar com referência à equivalência. Então a inversa da reciprocidade é a correlativa (diferença percorrida no sentido oposto). As relações desenvolvem as estruturas de reciprocidade.
Resultado	Lida com extensão.	Lida com compreensão.

Ainda algumas observações. A correspondência bijetora na multiplicação na lógica das classes e das relações é necessariamente qualificada; ela coloca em correspondência dois elementos se eles apresentam uma mesma qualidade, o que os inclui em uma mesma classe, ou se mantêm entre si uma mesma relação (em compreensão). A correspondência lógica procede por encaixe de partes em totalidades.

A equivalência na lógica das relações bem como a equivalência na lógica das classes admite níveis hierárquicos e significações distintas. A equivalência depende da maneira como as relações são construídas. Uma relação existente entre os elementos de uma determinada classe indica que todos esses elementos possuem em comum pelo menos uma dada característica.

4.3 Estruturas e operações de classes e de relações

Para expressar simbolicamente as *estruturas operatórias que viabilizam a classificação e a relação*, Piaget partiu inicialmente de duas estruturas formais bem determinadas, os *grupos* e os *reticulados*, e chegou à estrutura dos *grupamentos*. A seguir, são feitas discussões sobre essas três estruturas:

4.3.1 Grupos

O grupo é uma estrutura matemática fundamental. Um exemplo de grupo é o sistema dos números inteiros. Uma operação efetuada com esses números possui as seguintes características:

- 1) Uma operação efetuada com elementos dos números inteiros resulta um elemento também dos números inteiros⁴³.
- 2) A operação é associativa.
- 3) Há nos números inteiros um elemento neutro que operado com qualquer outro elemento resulta neste próprio elemento.
- 4) A todo elemento dos números inteiros corresponde o seu inverso; a operação do elemento com seu inverso resulta no elemento neutro.

Além disso, o grupo pode ser comutativo e, nesse caso, suas operações são também comutativas. Formalmente tem-se:

Definição 4.5: Seja G um conjunto não vazio e seja uma operação $*$ sobre G , então diz-se que esta operação define uma *estrutura de grupo* sobre o conjunto G se os seguintes axiomas são satisfeitos:

G1) $\forall x, y \in G$, tem-se $x * y \in G$ - fechamento.

G2) $\forall x, y, z \in G$ tem-se $(x * y) * z = x * (y * z)$ - associatividade.

G3) $\exists e \in G$ tal que $x * e = x = e * x$, para $\forall x \in G$ - existência do elemento neutro.

G4) $\forall x \in G, \exists \bar{x} \in G$ tal que $x * \bar{x} = e = \bar{x} * x$ - existência do elemento inverso.

Além disso, se a operação $*$ de um grupo G satisfaz o axioma $\forall x, y \in G$, tem-se $x * y = y * x$, e então o grupo G é dito ser um grupo comutativo.

⁴³ No caso da estrutura de grupos, essa primeira característica (uma operação efetuada com elementos dos números inteiros resulta um elemento também dos números inteiros) precisa necessariamente ser satisfeita. Um exemplo de um sistema que não satisfaz a definição de grupo é quando se toma o conjunto dos números naturais munidos da operação de subtração. Para verificar esta não-satisfação basta tomar $x_0 = 0$ e $x_1 = 1$. Então $x_0 - x_1 = 0 - 1 \notin$ ao conjunto dos números naturais.

A estrutura de grupo, contudo, não basta para explicar a classificação e/ou seriação qualitativa, cujo princípio fundamental é a possibilidade de considerar os conteúdos qualitativos dos objetos.

Isto porque o grupo é uma estrutura puramente formal, incapaz de levar em conta questões qualitativas, organizacionais e hierárquicas importantes. Este é o caso de uma classificação biológica: se reunir em uma única classe a espécie “tilápia” e a espécie “cachorro do mato”, não se obtém um gênero válido pertencente ao sistema de classificação das espécies. Além disso, o grupo não dá conta de duas operações fundamentais: a união de uma classe com ela mesma $X \cup X = X$, e nas que a encaixam, pois se $X \subset Y$, então $X \cup Y = Y$, pois não se admitem, na definição de grupo, operações idempotentes e absorventes entre seus elementos ou suas classes.

Um sistema de classificação/relação não poderia ser formalizado com a estrutura de grupo, primeiro porque a operação de união \cup não faz corresponder um elemento da classificação a todo par de objetos e, segundo, porque o caráter idempotente da operação de união impede que se considere cada elemento como seu inverso (PIAGET, 1976).

4.3.2 Reticulados

Uma estrutura um pouco mais satisfatória, sob o ponto de vista de considerar os conteúdos qualitativos necessários à formalização das classes e relações, é a dos reticulados (também chamados de redes). Para introduzir a noção de reticulado é necessária a definição de conjunto parcialmente ordenado.

O significado de “parcialmente ordenado” é dado por Piaget da seguinte maneira (PIAGET, 1976, p. 88): de modo geral, o reticulado é um conjunto parcialmente ordenado por uma relação \leq (menor igual), tal que, para todo par de elementos em um conjunto, se possa definir o menor majorante comum ou *supremum*, e o maior minorante comum ou *infimum*. No caso de um sistema de classes, a relação de ordem seria a inclusão no sentido amplo \subseteq e ter-se-iam as seguintes definições: $\sup(A \text{ e } B) \equiv A \cup B$ e $\inf(A \text{ e } B) \equiv A \cap B$ ⁴⁴. Mais formalmente, para se chegar ao conceito de parcialmente ordenado, é preciso levar em conta que:

Definição 4.6: Dada uma classe A sob uma dada qualidade comum a de A , uma relação sobre A é dita ser uma *relação de ordem parcial*⁴⁵ em A se satisfaz as seguintes condições:

- a) $(x \in A; x \xleftarrow{a} x)$ reflexividade.
- b) $((x_1, x_2) \in A; x_1 \xleftarrow{a} x_2 \text{ e } x_2 \xleftarrow{a} x_1 \rightarrow x_1 \equiv x_2)$ anti-simetria.
- c) $((x_1, x_2, x_3) \in A; x_1 \xleftarrow{a} x_2 \text{ e } x_2 \xleftarrow{a} x_3 \rightarrow x_1 \xleftarrow{a} x_3)$ transitividade.

⁴⁴ Onde \equiv significa equivalência.

⁴⁵ Uma relação de ordem parcial \mathfrak{R} freqüentemente empregada é aquela denotada por \leq ou por $<$. Por exemplo, se \leq é uma relação de ordem parcial sobre o conjunto X não vazio, diz-se que \leq *ordena* X , ou que \leq *ordena parcialmente* X . Uma notação freqüente para um conjunto X parcialmente ordenado pela ordem parcial é (X, \leq) ou $\langle X, \leq \rangle$. E, assim, diz-se que o par $\langle X, \leq \rangle$ é um sistema ordenado (ou um sistema parcialmente ordenado), ou, ainda, que \leq define uma estrutura de conjunto ordenado (parcialmente) sobre X .

Então, o reticulado é um conjunto parcialmente ordenado por uma relação tal que para todo par de objetos desta rede se pode definir o *supremo* (a menor das cotas superiores) e o *ínfimo* (a maior das cotas inferiores). Tem-se, portanto, a seguinte definição.

Definição 4.7: Seja um sistema parcialmente ordenado $\langle R, \leq \rangle$, onde R é um conjunto não vazio e \leq define uma estrutura de ordem parcial sobre R . Chama-se de *reticulado* a todo subconjunto não vazio X de R que admite supremo e ínfimo.

A Figura 4.3 representa uma certa classificação através do reticulado. Note-se que há uma hierarquia entre as classes consideradas que são X, Y, Z e W . Se este exemplo ilustra a classificação biológica, poder-se-ia dizer que X (que poderia ter outras subdivisões) corresponderia à espécie, Y corresponderia ao gênero, Z corresponderia à família e W à ordem. Todo par de classes possui um supremo: Y para X e $\partial_Y X$, Z para Y e $\partial_Z Y$, W para Z e $\partial_W Z$. Existe um ínfimo para todo par de classes que estão incluídas umas nas outras: X é o ínfimo de X e Y ; Y é o ínfimo de Y e Z . Note-se que o ínfimo não é definido para classes disjuntas como X e $\partial_Y X$, Y e $\partial_Z Y$, etc.

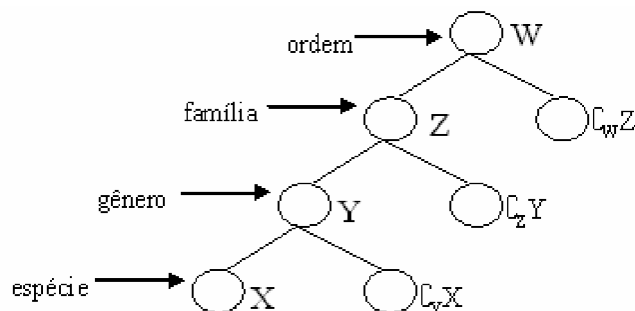


Figura 4.3 - Representação para uma classificação via reticulado (adaptado de PIAGET, 1976, p. 89)

Com o reticulado não é possível seriar ou ordenar classes, no caso da Figura 4.3 representada por X, Y, Z e W , e suas complementares, no exemplo $\partial_Y X$, $\partial_Z Y$ e $\partial_W Z$. Isto ocorre porque uma relação de ordem está definida nas classes primárias X, Y, Z e W , mas não entre as classes primárias e suas respectivas complementares.

O $\partial_Y X$ (que se lê o complementar de X em relação à classe Y) é, por definição, uma subclasse de Y . Isto é, $\partial_Y X \subset Y$. Dizer que $x \notin \partial_Y X$ significa que $x \in X$. Note-se que, algumas vezes, particularmente em (PIAGET, 1976), denota-se $\partial_Y X$ simplesmente por X' . Ou seja:

Definição 4.8: Seja a classe X uma parte da classe Y (uma subclasse, $X \subset Y$). Chama-se o *complementar* de X em relação a Y , e denota-se por $\partial_Y X$, a classe dos objetos de Y que não pertencem a X . Simbolicamente tem-se $\partial_Y X \stackrel{\text{def}}{=} \{x; x \in Y \wedge x \notin X\}$.

Piaget, porém, apontou que, mesmo a estrutura de reticulado (ou rede), não dá conta de estabelecer uma classificação/relação visto que (PIAGET, 1976, p. 88):

- 1) Uma classificação fracamente estruturada constitui apenas uma semi-rede, já que o *ínfimo* nem sempre está definido.
- 2) Diversos pares de classes têm o mesmo *supremo* e o mesmo *ínfimo*, quando ele existe.
- 3) Não há reversibilidade total: se a um par de classes corresponde um só *supremo*, a operação inversa, que consiste em encontrar duas classes quaisquer a partir do seu *supremo*, nem sempre é possível.

4.3.3 Grupamentos

Considerando que a estrutura de grupo e a estrutura de reticulado (rede) apresentam limitações quanto à representação de classes fracamente estruturadas e relações intensivas, Piaget desenvolveu uma estrutura específica para tal, e a denominou *grupamento*. Esta nova estrutura foi criada pelo fato de que

[...] o problema é, portanto, o de caracterizar uma estrutura que concilie a reversibilidade específica ao grupo e o sistema dos encaixes limitados específicos à rede [atualmente se emprega o termo reticulado]. Essa dupla exigência é satisfeita pela noção de grupamento. (PIAGET, 1976, p. 90, grifos e inserção nossos).

Piaget concebeu os grupamentos como uma rede tornada reversível capaz de considerar dicotomias ou complementaridades hierárquicas (Figura 4.3) do tipo X e $\delta_X X$; Y e $\delta_Y Y$, Z e $\delta_Z Z$ etc., onde $X \subset Y \subset Z \subset W \subset \dots$. Ou, ainda, como um grupo cuja mobilidade é restrita pela intervenção de encaixes, que implicam as idênticas especiais $X \cup X = X$ e $X \cup Y = Y$, bem como um princípio de contigüidade (PIAGET, 1976, p. 90).

Um grupamento é, assim, uma estrutura “intermediária” entre o grupo e o reticulado que, porém, não foi efetivamente formalizada até hoje sem penalizar a idéia original de Piaget (apesar das tentativas de Jean-Blaise Grize). Aparentemente, os motivos da não-formalização são aqueles discutidos no Anexo 1, que mostram que as estruturas convencionais da Matemática são dotadas de sintaxe, mas não de semântica. Assim, são necessárias classes *fracamente estruturadas e relações intensivas* para estabelecer os significados entre as expressões e os objetos.

No que se refere às questões matemáticas no período das operações concretas, as estruturas utilizadas são as de grupo. Então, com um pouco mais de rigor, é mais apropriado dizer que a estrutura operatória do indivíduo no final do período operatório concreto é aquela composta pelos grupamentos e pelos grupos⁴⁶. Piaget definiu as condições que caracterizam os grupamentos. Antes de fazê-lo, porém, são apresentadas três definições importantes envolvidas nessas condições.

Definição 4.9: Chama-se de *equação tautológica* uma equação de forma $A \cup A = A$ (idempotente) ou $A \cup B = B$ (absorvente).

⁴⁶ Esta particularidade não é feita neste texto apenas porque se considera que utilizar o termo *grupamento* contempla esta questão.

Definição 4.10: Chama-se de *seqüência homogênea* a toda a seqüência que não contenha equações tautológicas.

Definição 4.11: Chamam-se de *seqüência heterogênea* as seqüências resultantes da adição, membro a membro, de equações das quais uma ao menos é tautológica.

São cinco as condições que caracterizam os grupos e os grupamentos, sendo que quatro caracterizam os grupos e cinco caracterizam os grupamentos (PIAGET, 1977) e (CHIAROTTINO, 1972). Essas propriedades, identificadas como *propriedades fundamentais*, não são necessariamente requeridas simultaneamente, são escritas usando a notação conjuntista da reunião \cup para denotar a soma lógica $+$ e a operação conjuntista de diferença \setminus para denotar a subtração lógica $-$ entre as classes, e são as seguintes:

1) Propriedade fundamental 1: direta ou composição

Esta *primeira propriedade* exprime, do ponto de vista psicológico, a coordenação possível das operações e a possibilidade de construir e ampliar estruturas cognitivas⁴⁷. Assim, por exemplo, tem-se: $X \cup \check{X} = Y$; $Y \cup \check{Y} = Z$, etc. Ela apresenta as seguintes características:

- a) Dois objetos de um grupamento podem ser compostos entre si dando origem a um novo elemento do mesmo grupamento.
- b) Duas classes diferentes podem ser reunidas numa classe de conjunto que as contenha.
- c) Duas relações podem ser juntadas numa relação que as contenha.
- d) Esta propriedade caracteriza o axioma de fechamento no grupo, ou seja, $\forall x, y \in G$, tem-se $x * y \in G$.

2) Propriedade fundamental 2: inversa ou reversibilidade

Esta *segunda propriedade* constitui o caráter específico do conhecimento, que pode elaborar hipóteses e refutá-las voltando ao ponto de partida⁴⁸. Assim, por exemplo, tem-se: $Y \setminus \check{X} = X$ ou $Y \setminus X = \check{X}$, etc. Ela apresenta as seguintes características:

- a) Toda transformação é reversível, ou seja, duas classes ou duas relações reunidas podem ser dissociadas.
- b) Aritmeticamente, cada operação direta comporta uma operação inversa (subtração por adição, divisão por multiplicação, etc.).
- c) Esta propriedade caracteriza o axioma da existência do elemento inverso no grupo, ou seja, $\forall x \in G, \exists \bar{x} \in G$ tal que $x * \bar{x} = e = \bar{x} * x$.

⁴⁷ Do ponto de vista conjuntista, a operação $*$ pode ser a soma lógica $+$, ou seja, a reunião \cup .

⁴⁸ Do ponto de vista conjuntista a operação $*$ pode ser a diferença lógica denotada por $X - Y$ ou por $X \setminus Y$.

3) Propriedade fundamental 3: operação idêntica geral

Esta *terceira condição* mostra que o retorno ao ponto de partida conserva a situação original⁴⁹. Assim, por exemplo, tem-se: $X \setminus X = \emptyset$. Ela apresenta as seguintes características:

- Uma operação combinada com sua inversa é anulada.
- Esta propriedade caracteriza o axioma da existência do elemento neutro, ou seja, $\exists e \in G$ tal que $x * e = x = e * x$, para $\forall x \in G$.

4) Propriedade fundamental 4: tautologia ou idênticas especiais

Esta *quarta condição* mostra que, quando as operações são de natureza qualitativa, elas permanecem como são. Assim, por exemplo, tem-se: $X \cup X = X$. Ela apresenta as seguintes características:

- Um elemento qualitativo repetido não se transforma (há tautologia).
- Algebricamente, uma unidade acrescentada a ela mesma resulta em um novo número (há interação). É nesta propriedade que o Grupo falha com relação às características necessárias para o tratamento das classificações e seriações qualitativas.

5) Propriedade fundamental 5: associatividade

Esta *quinta condição* mostra que o pensamento é livre para fazer voltas, e que um dado resultado pode ser obtido por caminhos diferentes⁵⁰. Esta propriedade caracteriza o axioma da associatividade, visto que a composição das operações é associativa. Assim, por exemplo, tem-se: $(X \cup \partial_Y X) \cup \partial_Z Y = X \cup (\partial_Y X \cup \partial_Z Y)$.

A associatividade dos grupamentos apresenta casos particulares, ou seja, ela é restrita. A associatividade é admitida apenas em certas condições, visto que lida com aspectos qualitativos e como tal apresenta alguns limites. Nas últimas seções deste capítulo, onde cada grupamento é tratado individualmente, esses casos são apontados para cada um deles. Piaget, no entanto, faz determinadas colocações quanto à associatividade (PIAGET, 1976, p. 95).

Essas colocações, fundamentadas a partir das definições e dos cinco princípios da Seção 4.2.2 (lógica das classes), que versam sobre o fato de que uma classe comporta uma estrutura formal própria e suas leis de composição e de conjunto, atendem às seguintes regras:

Regra 4.1: As seqüências homogêneas (de sinais quaisquer) admitem a reabsorção ($A \cup B = B$) e a tautologia ($A \cup A = A$), qualquer que seja a ordem em que sejam efetuadas, desde que os termos reabsorvidos sejam de valor equivalente em ambos os membros da seqüência.

⁴⁹ Do ponto de vista conjuntista a operação * diferença lógica $-$, ou seja, $X - X = \emptyset$.

⁵⁰ Do ponto de vista conjuntista a operação * pode ser a soma lógica $+$ ou o produto lógico \bullet , ou seja, a reunião \cup ou a intersecção \cap .

Regra 4.2: As seqüências homogêneas de sinais iguais, todos positivos ou todos negativos, admitem a reabsorção e a tautologia desde que sejam levadas ao máximo antes, ou depois de todas as simplificações.

Regra 4.3: Nas seqüências homogêneas envolvendo conjuntamente sinais positivos e negativos é preciso que sejam efetuadas previamente todas as simplificações em cada um de ambos os membros isoladamente da seqüência. A exemplo de $B \setminus A$, simplificado em $\check{\delta}_B A$, ou $\setminus B \cup A$, simplificado em $\setminus \check{\delta}_B A$. O resto desta operação pode ser reabsorvido, no máximo, antes ou depois das simplificações de um membro no outro.

Regra 4.4: As seqüências heterogêneas não podem ser reduzidas em todos os casos, sem incorrer em erro, nem por reabsorções nem por simplificações nos casos em que existam sinais contrários. Porém, mudando os termos de membro até uniformizar os sinais (deixando-os positivos ou negativos), é suficiente reabsorver ao máximo para transformar essas seqüências em seqüências homogêneas. Feito isto, consideram-se as regras 4.1 ou 4.2.

É necessário levar em conta que as definições e regras usam sinais positivos e negativos, o que remete ao fato de que as operações dos grupamentos admitem interpretações diversas, visto que residem a meio caminho entre o pré-operatório e o operatório-formal.

A fim de ilustrar essas características e propriedades fundamentais, na Figura 4.4 são dados exemplos de cada uma delas, considerando a classificação das espécies, e, mais especificamente, os animais mamíferos, carnívoros englobando os tigres, leões, gatos e outros. Esta figura mostra uma parte dessa classificação. Note-se que os elementos reino, filo, classe, ordem e família, são dados e não construídos.

Vale lembrar que a classificação do reino animal é mais complexa do que a ilustração parcial mostrada pela Figura 4.4. Seu formato completo se assemelha à forma de um reticulado. Neste exemplo, a família *felidae* é composta pelos seguintes gêneros: *acinonix*, *felis*, *lynx*, *neofelis*, *panthera* e *uncia*. Pertencente ao gênero *acinonix*, está a espécie *acinonix jubatus*, mais conhecida como guepardo. Pertencente ao gênero *felis*, estão as espécies *felis domestica*, conhecido como gato doméstico, o *felis pardalis*, conhecido como jaguatirica.

A classificação ilustrada na Figura 4.4 pode ser empregada para exemplificar a aplicação das propriedades:

- 1) *Propriedade fundamental 1 (composição)*: Podem-se acrescentar objetos a uma classe - pode-se acrescentar a espécie *felis pardalis* (jaguaririca) ao gênero *felis*.
- 2) *Propriedade fundamental 2 (reversibilidade)*: Podem-se retirar objetos de uma classe, revertendo a composição - considerando o gênero *felis*, pode-se retirar a espécie *felis pardalis* (jaguaririca).
- 3) *Propriedade fundamental 3 (operação idêntica geral)*: Podem-se incluir e retirar objetos de uma classe e o resultado é o retorno ao ponto de partida - considerando o gênero *felis*, pode-se incluir e posteriormente retirar a espécie *felis pardalis* (jaguaririca), e se retorna à situação anterior.
- 4) *Propriedade fundamental 4 (tautologia ou idênticos especiais)*: Podem-se incluir objetos de uma mesma classe e o resultado é que a classe continua a mesma -

considerando a espécie *felis pardalis* (jaguatirica), se um novo membro, também *felis pardalis*, for incluído na classe, ela continua a ser a mesma classe.

- 5) *Propriedade fundamental 5 (associatividade)*: Pode-se compor uma classe e sua complementar e se obtém uma classe que as contém: esta operação é a mesma daquela em que se compõe a complementar com a classe – ao acrescentar ao gênero *acinonix* aos demais gêneros *felix*, *lynx*, *neofelis*, *panthera* e *uncia*, obtém-se a família *felidae*. Se acrescentar aos gêneros *felix*, *lynx*, *neofelis*, *panthera* e *uncia* o gênero *acinonix*, obtém-se a família *felidae* da mesma maneira. Outras considerações mais detalhadas podem ser feitas, levando em conta as restrições da associatividade, elencadas anteriormente:
- Considerando a classe X formada pelo gênero *acinonix*, a classe Y formada pelo gênero *felis*, e a classe Z formada pelo gênero *lynx*, pode-se dizer que $(X \cup Y) \cup Z = X \cup (Y \cup Z)$. Isto ocorre porque se trata de uma operação geral entre termos de sinais iguais ou entre termos de sinais combinados que não contêm idênticas especiais.
 - É o caso de compor a classe X formada pelo gênero *acinonix* e sua complementar $\check{d}_Y X$, ou seja, as classes formadas pelos demais gêneros, quais sejam, *felis*, *lynx*, *neofelis*, *panthera* e *uncia*. Note-se que $\check{d}_Y X$ significa a complementar X em relação a Y que é a classe superior, e que, neste caso, compreende a família *felidae*. Tem-se então $(X \cup X) \cup \check{d}_Y X = X \cup (X \cup \check{d}_Y X)$, que operado, resulta em $X \cup \check{d}_Y X = X \cup Y$, que, por sua vez, resulta em $X \cup \check{d}_Y X = Y$ e $X \cup Y = Y$.
 - Levando em conta a regra número 4.3, no caso de haver sinais combinados não há associatividade, visto que um mesmo termo desempenha simultaneamente o papel de idêntica especial e um outro papel diferente. Um exemplo é $(\setminus X_1 \setminus X_1) \cup Y = \setminus X_1 \cup (\setminus X_1 \cup Y)$, o que resulta $(\setminus X_1 \cup Y) = (\setminus X_1 \cup \check{d}_Y X_1)$, ou seja, $\check{d}_Y X_1 = \setminus X_1 \cup \check{d}_Y X$, o que significa que o complementar da classe formada pelo gênero *acinonix* é igual à negação de X_1 unida com sua complementar, o que é uma incoerência, pois, além de tal afirmação ser falsa, uma operação não pode ser, qualitativamente falando, negativa.
 - Por fim, no caso $X \cup \check{d}_Y X = Y$, as classes X e $\check{d}_Y X$, são disjuntas por definição; no caso $X \cup Y = Y$, conforme a regra 4.1, ocorre a reabsorção na classe superior (neste caso, a família *felidae*).

Além disso, pode-se dizer que quaisquer operações realizadas no âmbito do grupamento resultam em objetos que continuam pertencendo ao grupamento. As operações efetuadas no contexto do gênero *felis* resultam sempre em elementos que continuam pertencendo ao gênero *felis*.

Acrescentar objetos a uma classe ou à sua complementar significa acrescentar objetos à classe na qual está encaixada: ao acrescentar ao gênero *felis* à espécie *felis pardalis* (jaguatirica), ou ao gênero *acinonix* a espécie *acinonix jabatus* (guepardo), está-se acrescentando elementos à classe maior, a família *felidae*.

Uma classe de nível inferior é absorvida pela classe de nível superior. Ou seja, se $X \subset Y$, então $X \cup Y = Y$, de onde, ao operar o gênero *felis* (que é de nível inferior) com a

família *felidae* (que é de nível superior), o primeiro é absorvido pela segunda, visto que o gênero *felis* está incluído na família *felidae*.

Não acrescentar objetos a uma classe equivale a deixá-la como está. $X \cup \emptyset = X$ ⁵¹ significa que acrescentar nenhum espécime ao gênero *acinonix*, este permanece o mesmo.

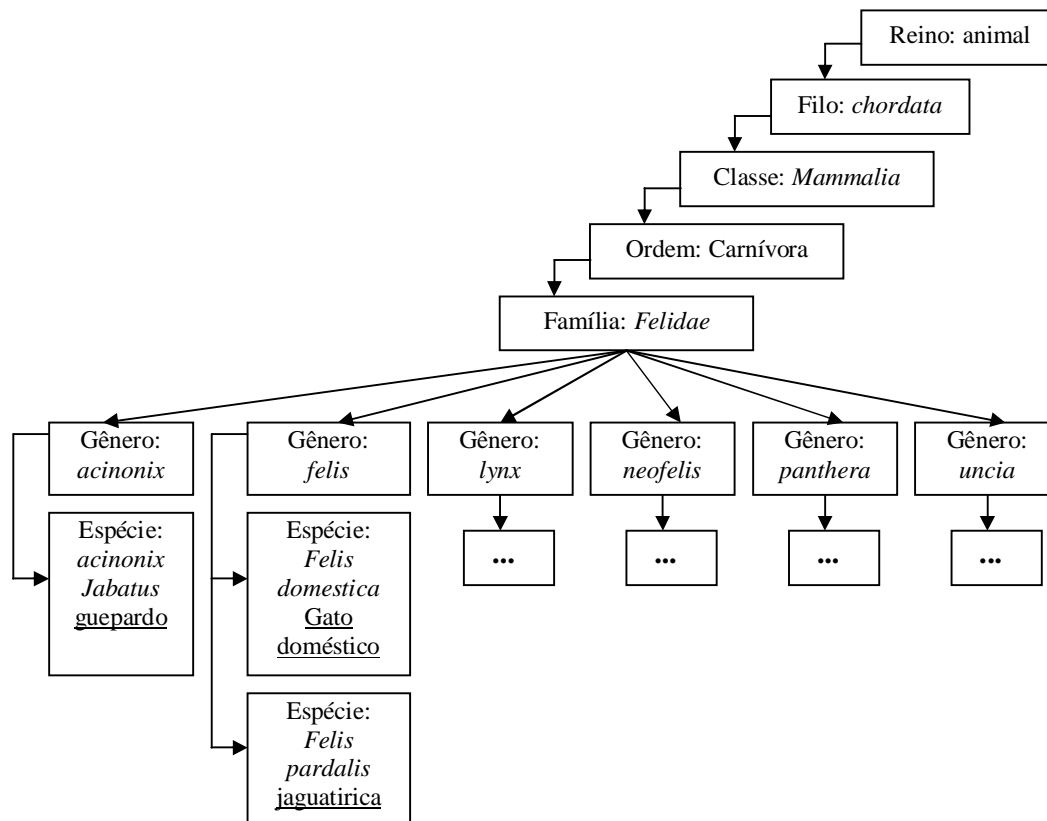


Figura 4.4 - Ilustração de uma classificação animal

4.4 Grupamento das classes

O conceito de *classe fracamente estruturada* fornece uma abordagem para obter uma lógica cujo objetivo principal é atender à necessidade de formalizar uma classificação qualitativa. Sob essa abordagem, as classes possíveis de obter são as denominadas *classes elementares*, que são as definidas por Piaget como sendo as que consideram os *aspectos qualitativos*. A estrutura resultante é chamada de grupamento das classes, que se passa a detalhar a partir de (PIAGET, 1976).

Para os grupamentos de classes, são utilizados principalmente os símbolos \cup união, \cap interseção, \subset está contido, \bar{K} indicando o complementar de uma classe K em relação a uma classe I na qual está encaixada, e \setminus subtração, para efetuar as operações entre classes. Utilizam-se os símbolos $+$ adição, \bullet multiplicação, e $:$ (operação inversa) para efetuar as operações entre elementos das classes.

⁵¹ Em notação conjuntista, a operação $*$ é dada pela reunião \cup , e considerando que existe um isomorfismo que faz corresponder, ao conjunto \emptyset o conjunto das proposições logicamente falsas $\bar{F} \equiv 0$, tem-se $X \cup \emptyset = X$.

4.4.1 Grupamento I: aditivo de classes

Este é o grupamento que se refere às operações de *encaixes simples ou dicotomias*. Pode-se concebê-lo a partir de uma série de classes encaixadas umas nas outras, como $X \subset Y \subset Z \subset W$, etc., chamadas classes primárias. Essas classes não são equivalentes qualitativamente, visto que seus elementos não podem ser mutuamente substituídos em uma proposição, via princípio da substituição, mas podem ser ordenadas segundo uma relação de inclusão. Além disso, cada classe possui sua classe complementar, como, por exemplo, $X \cup \delta_Y X = Y$, que permite operações tais como $Y \setminus X = \delta_Y X$, $Y \setminus \delta_Y X = X$, $X \cup Y = Y$, etc.

Um primeiro exemplo desse tipo de grupamento (já empregado para ilustrar as propriedades dos grupamentos) é a classificação das espécies animais: os indivíduos estão reunidos em espécies, as espécies em gêneros, os gêneros em ordens e assim sucessivamente, conforme ilustrado na Figura 4.4. Note-se que a classificação animal é composta por classes hierarquicamente organizadas, e que a cada classe corresponde uma classe complementar.

Um segundo exemplo é aquele da classificação das “figuras geométricas”, ilustrado pela Figura 4.5. As classes complementares que compõem o conjunto total Z_1 são as denominadas “sem lados” Y_2 e as “com lados” Y_1 . As classes componentes da classe das figuras “com lados” Y_1 são as de 3, 4, 5 e 6 lados, identificadas, respectivamente, como X_1, X_2, X_3 e X_4 . As classes componentes da classe “três lados” X_1 são os isósceles, equiláteros e escalenos, respectivamente V_1, V_2 e V_3 . As classes componentes da classe de “quatro lados” X_2 são os quadrados, os retângulos e os trapézios tipos 1 e 2, respectivamente T_1, T_2, T_3 e T_4 .

A classe complementar a Y_2 é $\delta_{Z_1} Y_2$, e a classe complementar a Y_1 é $\delta_{Z_1} Y_1$. A classe complementar a X_1 , identificada como $\delta_{Y_1} X_1$, é composta pelas classes X_2, X_3 e X_4 , e assim sucessivamente.

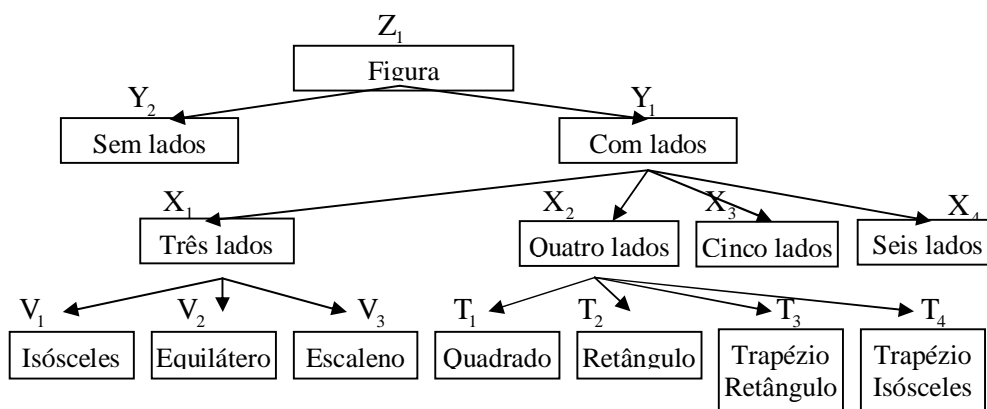


Figura 4.5 - Ilustração para um exemplo de classes e suas complementares

Esses exemplos são importantes para ilustrar as *operações de encaixes* que fundamentam o *grupamento aditivo das classes*. Porém, de um modo geral, as operações neste grupamento são aquelas baseadas nas propriedades fundamentais 1 a 5 (Seção 4.3.3) que definem completamente as condições que caracterizam os grupos e os grupamentos. Elas podem ser enunciadas especificamente para o grupamento aditivo de classes e, nesse caso, são chamadas de “propriedades derivadas”. São elas:

a) Propriedade derivada GI.1: operação direta ou composição

Consiste na adição, elemento a elemento, para classes encaixadas $X \subset Y \subset Z \subset W$, etc., de expressões $X_1 \cup \check{\partial}_{Y_1} X_1 = Y_1$, $Y_1 \cup \check{\partial}_{Z_1} Y_1 = Z_1$, etc., ou de identidades como: $X_1 = X_1$ e $X_1 \setminus X_1 = \emptyset$. Se consideradas apenas seqüências homogêneas (Definição 4.10), aplicando as regras 4.1 a 4.3, pode-se dizer que a operação direta é a adição de qualquer classe ao sistema.

b) Propriedade derivada GI.2: operação inversa

Consiste na operação $\setminus X_1$, que anula a operação direta X_1 . Ou seja: $X_1 \setminus X_1 = \emptyset$; $Y_1 \setminus Y_1 = \emptyset$; $\check{\partial}_{Y_1} X_1 \setminus \check{\partial}_{Y_1} X_1 = \emptyset$, etc.

c) Propriedade derivada GI.3: operação idêntica geral

Consiste no zero aditivo, ou o conjunto vazio, e deve satisfazer simultaneamente as seguintes condições:

- composta com uma operação qualquer, ela deixa a última invariante: $X_1 \cup \emptyset = X_1$;
- constitui o produto da operação direta e da sua inversa: $X_1 \setminus X_1 = \emptyset$.

d) Propriedade derivada GI.4: idênticas especiais

Consiste na tautologia e na reabsorção, definidas por:

- tautologia: $X_1 \cup X_1 = X_1$;
- reabsorção $X_1 \cup Y_1 = Y_1$: toda classe adicionada a uma classe de nível superior e do mesmo sinal deixa a última invariante: $-X_1 - X_1 = -X_1$; $-X_1 - Y_1 = -Y_1$ e, no entanto, $X_1 - X_1 = \emptyset$ e $X_1 - Y_1 = \check{\partial}_{Y_1} X_1$, onde se manteve, por clareza, a notação subtração lógica – em vez da notação de diferença \setminus entre as classes aditivas.

e) Propriedade derivada GI.5: associatividade

Consiste na operação que estabelece que $(X_1 \cup Y_1) \cup Z_1 = X_1 \cup (Y_1 \cup Z_1)$. É geral entre termos de sinais iguais ou entre termos de sinais misturados que não contenham idênticas especiais. É o caso de $(X_1 \cup X_1) \cup \check{\partial}_{Y_1} X_1 = X_1 \cup (X_1 \cup \check{\partial}_{Y_1} X_1)$, pois resulta de $X_1 \cup \check{\partial}_{Y_1} X_1 = X_1 \cup Y_1$, e de que $X_1 \cup \check{\partial}_{Y_1} X_1 = Y_1$ e $X_1 \cup Y_1 = Y_1$.

No entanto, no caso de haver ambos os sinais, não há associatividade quando um mesmo termo desempenha simultaneamente o papel de idêntica especial e um outro papel diferente. Um exemplo é $(\setminus X_1 \setminus X_1) \cup Y_1 = \setminus X_1 \cup (\setminus X_1 \cup Y_1)$, o que resulta $(\setminus X_1 \cup Y_1) = (\setminus X_1 \cup \check{\partial}_{Y_1} X_1)$, ou seja, $\check{\partial}_{Y_1} X_1 = \setminus X_1 \cup \check{\partial}_{Y_1} X_1$, o que é incoerente.

Assim, a operação básica do grupamento aditivo das classes é a adição não disjuntiva. No caso $X_1 \cup \check{\partial}_{Y_1} X_1 = Y_1$, as classes X_1 e $\check{\partial}_{Y_1} X_1$ são disjuntas por definição, enquanto que, no caso $X_1 \cup Y_1 = Y_1$, as classes adicionais não o são. Independentemente desses casos, a

operação de adição é não exclusiva. A inversa é a subtração não disjuntiva, ou seja: $\setminus X_1 \setminus \check{\partial}_Y X_1 = Y_1$ ou $\setminus X_1 \setminus Y_1 = \setminus Y_1$.

Como consequência dessas propriedades derivadas, podem-se enunciar cinco importantes observações a respeito do grupamento aditivo das classes.

Observação 4.1: O grupamento aditivo das classes (grupamento I) é o único grupamento de classes no qual todas as operações são possíveis, no caso particular em que as *classes elementares sejam singulares*⁵². No caso dos grupamentos II a IV, certas operações deixam de ser distintas quando as classes elementares são singulares.

Observação 4.2: Se as *classes elementares*⁵³ contiverem exatamente um elemento, as composições desse grupamento constituirão enumeração de objetos, ou seja, é a designação de uma coleção de indivíduos através de suas qualidades próprias que os distinguem dos demais.

Observação 4.3: O termo lógico qualificado não pode ser adicionado a ele mesmo, a não ser de modo tautológico $X_1 \cup X_1 = X_1$. Ao contrário, a adição da unidade aritmética é iterável: $1+1=2$, de onde a presença das idênticas especiais no grupamento aditivo de classes e sua ausência no grupo dos números inteiros.

Observação 4.4: Classes elementares X_1 , $\check{\partial}_Y X_1$ são *logicamente equivalentes* entre elas relativamente às classes primárias⁵⁴ que elas encaixam. Pode-se chegar a Y_1 através da classe X_1 , ou seja, $X_1 \xrightarrow{X_1} Y_1$ é verdadeiro, porém $X_1 \xrightarrow{C_{Y_1} X_1} \check{\partial}_Y X_1$ ou $X_2 \xrightarrow{X_2} \check{\partial}_Y X_2$ são falsos, visto que essas classes estão relacionadas sob a classe que as encaixa.

Observação 4.5: As composições do agrupamento só se podem se efetuar de modo contíguo, quer dizer, relativamente às complementaridades dicotômicas que constituem sua estrutura.

4.4.2 Grupamento II: vicariâncias

O grupamento das vicariâncias⁵⁵ se refere às operações *de decomposições de classes primárias* e de *classes secundárias* conforme as diversas dicotomias que cada uma comporta. Ele é responsável por esta decomposição e suas operações. Considerando a Figura 4.5, as classes primárias são as T_1, V_1, X_1, Y_2 e Z_1 e as classes secundárias são $\check{\partial}_X T_1, \check{\partial}_{X_1} V_1, \check{\partial}_{Z_1} Y_1, \check{\partial}_{Z_1} Y_2$.

⁵² Uma classe é singular quando termos são idênticos entre si (PIAGET, 1976 p. 76).

⁵³ Uma classe é elementar quando considerada ela e sua complementar (PIAGET, 1976 p. 101).

⁵⁴ Classes primárias são classes que se encaixam $A \subset B \subset C \subset \dots$ (PIAGET, 1976, p. 101).

⁵⁵ Vicariância significa equivalência entre divisões.

Um primeiro exemplo é aquele das “figuras geométricas”, que foi ilustrado na Figura 4.5. Tomando as figuras “com lados”, considerada a classe primária Y_1 , ela é subdividida em figuras de 3, 4, 5 e 6 lados. Essas figuras fazem corresponder, respectivamente, as classes secundárias X_1, X_2, X_3 e X_4 . E, então, pode-se dizer que as figuras de “3 lados” e as suas complementares são tais que $X_1 \cup \check{X}_1 = Y_1$, sendo \check{X}_1 composto pelas classes secundárias X_2, X_3 e X_4 . Pode-se dizer, também, que X_2, X_3 e X_4 estão contidas em \check{X}_1 , bem como em Y_1 . Também se pode dizer que $Y_1 \setminus \check{X}_1 = X_1$. Já as “figuras de 4 lados” e suas complementares são tais que $X_2 \cup \check{X}_2 = Y_1$, sendo \check{X}_2 composto pelas classes secundárias X_1, X_3 e X_4 . Pode-se dizer, também, que X_1, X_3 e X_4 estão contidas em \check{X}_2 , bem como em Y_1 . Também se pode dizer que $Y_1 \setminus \check{X}_2 = X_2$. A análise é análoga para as classes X_3 e X_4 .

Um segundo exemplo ilustrativo de operações com classes vicariantes, adaptado de (PIAGET, 1976), é o seguinte: considerando a classe dos “estrangeiros ao Brasil” e a classe dos “estrangeiros à Argentina”. A adição destas duas classes resulta em “todas as pessoas da terra” uma vez que na primeira estão inclusos os argentinos e na segunda os brasileiros. Portanto, as duas classes complementares se interceptam. Convém considerar a classe “todas as pessoas da terra” como uma classe Y , decomposta em quatro classes: X_1 dos brasileiros e \check{X}_1 dos estrangeiros ao Brasil, e X_2 dos argentinos e \check{X}_2 dos estrangeiros à Argentina. Neste caso tem-se $X_1 \cup \check{X}_1 = X_2 \cup \check{X}_2 = Y$ e $\check{X}_1 \cup \check{X}_2 = Y$ com $X_1 \subset \check{X}_2$ e $X_2 \subset \check{X}_1$, mostrando que existe dupla dicotomia da classe Y e reciprocidade entre encaixes. Esta operação é dita “substituição complementar” ou “vicariância”, e ela é válida em qualquer nível na estrutura hierárquica dos encaixes.

Além disso, a vicariância não está limitada às classes secundárias. Ela interessa a todas as classes, não importando o nível a que pertençam. Por exemplo, além dos brasileiros e estrangeiros ao Brasil, dos argentinos e dos estrangeiros à Argentina, existem os chilenos e os estrangeiros ao Chile, os paraguaios e estrangeiros ao Paraguai, etc. As vicariâncias constituem um grupamento tal que a reunião de duas vicariâncias é ainda uma vicariância.

Esses exemplos e observações são importantes para ilustrar as *operações de decomposições* que fundamentam o *grupamento da vicariâncias*. De modo geral, porém, as operações no grupamento II são aquelas baseadas nas propriedades fundamentais 1 a 5 (Seção 4.3.3), que podem ser enunciadas especificamente para o grupamento das vicariâncias. Os exemplos dados em cada propriedade estão baseados na Figura 4.5:

a) Propriedade derivada GII.1: operação direta ou composição

Consiste em operar com duas vicariâncias resultando na expressão que define a vicariância resultante. Assim, tem-se:

$$\begin{array}{c} (X_1 \cup \check{X}_1) \cup (Y_1 \cup \check{X}_1) = X_1 \cup \check{X}_1 \cup \check{X}_1 \\ \text{BECED} \quad \text{BECED} \quad \text{BECED} \\ \text{BE} \check{\text{E}} \text{E} \text{E} \text{E} \text{E} \text{E} \check{\text{E}} \text{E} \text{E} \text{E} \quad \text{BE} \check{\text{E}} \text{E} \text{E} \text{E} \text{E} \text{E} \text{E} \end{array}$$

Z_1 Z_1

$$\begin{array}{c} (X_2 \cup \check{X}_2) \cup Y_1 \cup \check{X}_1 = Y_1 \cup \check{X}_1 \\ \text{BECED} \quad \text{BECED} \quad \text{BECED} \\ \text{BE} \check{\text{E}} \text{E} \text{E} \text{E} \text{E} \text{E} \check{\text{E}} \text{E} \text{E} \quad \text{BE} \check{\text{E}} \text{E} \text{E} \text{E} \text{E} \text{E} \text{E} \end{array}$$

Z_1 Z_1

b) Propriedade derivada GII.2: operação inversa

Consiste na operação que diz respeito à subtração de uma vicariância:

- se esta subtração se refere à expressão positiva correspondente, ela a anula, ou seja, tem-se: $(Y_1 \cup \partial_{z_1} Y_1 = Y_2 \cup \partial_{z_1} Y_2) \setminus (Y_1 \cup \partial_{z_1} Y_1 = Y_2 \cup \partial_{z_1} Y_2) = \emptyset$;
- se uma vicariância menos extensa é subtraída de uma vicariância mais extensa, a subtração limita-se a eliminar os encaixes de ordem inferior, deixando subsistir os encaixes de ordem superiores. Deve-se, então, subtrair membro a membro, como:

$$\begin{array}{c} X_1 \cup \partial_{z_1} X_1 \cup \partial_{z_1} Y_1 (= Y_2 \cup \partial_{z_1} Y_2) - X_1 \cup \partial_{z_1} X_1 (= X_2 \cup \partial_{z_1} X_2) \\ \text{B E E C E E D} \quad \text{B E E C E E D} \quad \text{B E C E D} \quad \text{B E E C E E D} \\ z_1 \quad z_1 \quad Y_1 \quad Y_1 \end{array}$$

$$= \partial_{z_1} Y_1 (= Y_2 \cup \partial_{z_1} Y_2 \setminus Y_1)$$

$$\text{B E E C E E D}$$

$$\partial_{z_1} Y_1$$

c) Propriedade derivada GII.3: operação idêntica geral

Consiste na operação definida por: $\emptyset \cup \emptyset = \emptyset \cup \emptyset$ ou, em notação aditiva, como $0 + 0 = 0 + 0$.

d) Propriedade derivada GII.4: idêntica especial

Consiste na operação na qual uma vicariância reunida com ela mesma não se modifica, a exemplo de $X_1 \cup X_1 = X_1$.

e) Propriedade derivada GII.5: associatividade⁵⁶

Consiste na operação que estabelece que $Y \cup (X_1 \cup \partial_{x_1} X_1) = (Y \cup X_1) \cup \partial_{x_1} X_1$ é geral

entre termos de sinais iguais ou entre termos de sinais combinados que não contenham idênticas especiais. É o caso de $X_1 \cup X_1 \cup \partial_{y_1} X_1 = X_1 \cup (X_1 \cup \partial_{y_1} X_1)$ que,

$$\text{B E E C E E D}$$

$$\text{B E E C E E D}$$

$$Y_1$$

operado, resulta em $= Y_1 \cup Y_1 = Y_1$.

No entanto, no caso de haver ambos os sinais, não há associatividade quando um mesmo termo desempenha simultaneamente o papel de idêntica especial e um outro papel diferente.

O maior interesse desse grupamento refere-se à intuição imediata da reciprocidade, como, por exemplo, aqueles obtidos pelos parentescos, pela noção de “ser estrangeiro”, etc. Além disso, são essas operações que correspondem, no domínio das classes, à lógica das relações simétricas (a ser discutida no grupamento de relações).

⁵⁶ Em Piaget (1976) nada foi dito sobre a associatividade das vicariâncias. Mas, por consistência, ela existe.

4.4.3 Grupamento III: multiplicação co-unívoca de classes

Este é o grupamento que se refere às operações de “*multiplicação simples*” de classes, que corresponde à operação conjuntista da interseção \cap . Assim, dadas duas classes X e Y, essa multiplicação determina a maior das classes que está inclusa simultaneamente em X e em Y, ou seja, a parte comum de X e de Y. Portanto, uma correspondência co-unívoca entre as classes X e Y gera a classe de objetos que possuem as características de X e de Y, simultaneamente.

Além disso, neste grupamento pode-se multiplicar a seqüência das classes primárias por todas as formas de classes elementares que nelas estão encaixadas, fazendo uma correspondência do todo com suas partes, no sentido de “um para muitos”. Assim, o grupamento da multiplicação co-unívoca de classes considera as classes que se incluem e suas interseções múltiplas. Neste grupamento resolvem-se problemas como, por exemplo, árvores genealógicas, a classificação dos animais, a classificação biológica completa, etc. A Figura 4.6, adaptada da Figura 4.4, ilustra um exemplo envolvendo uma parte específica da classificação animal.

Considerando que X, Y e Z representam as espécies, os gêneros, e a família, e $\delta_Y X, \delta_Z Y$ as diversas espécies e gêneros compreendidas nas classes X e Y, a multiplicação co-unívoca permite verificar, por exemplo, que uma espécie X_1 (*acinonix jabatus*) nada contém além dela mesma; que um gênero Y_1 pode conter uma espécie X_1 (*acinonix jabatus*) e ele mesmo; que um gênero Y_2 pode conter uma espécie X_1 (*felis domestica*) e uma espécie X_2 (*felis pardalis*), e ele mesmo. Que a família Z_1 pode conter espécies, e gêneros $(Z_1 \bullet X_2) \cup (Z_1 \bullet \delta_Y X_2) = Z_1 \bullet Y_2$, que, operado, resulta em Y_2 (a parte comum) e não contém elemento de nível superior a ela mesma.

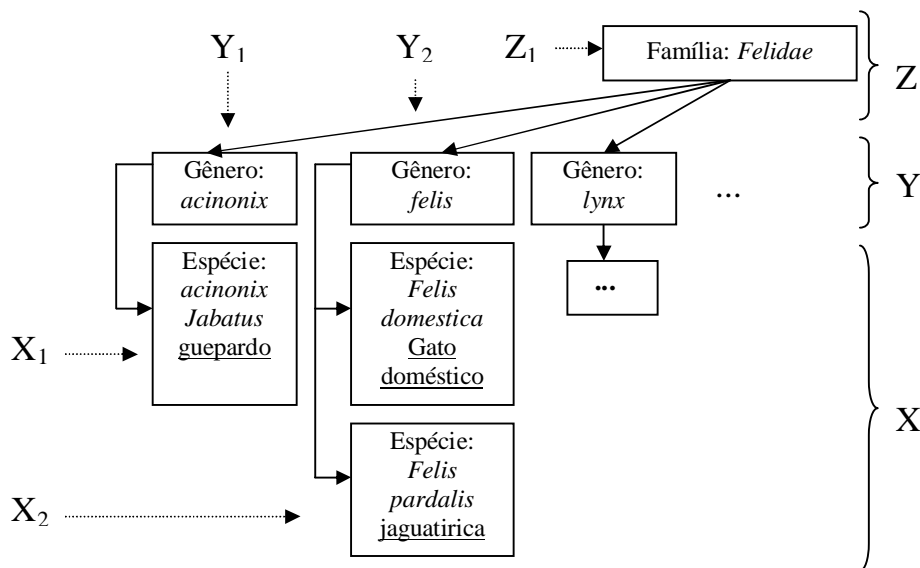


Figura 4.6 - Ilustração de uma parte da classificação animal

Outro exemplo adaptado de Piaget e ilustrado pela Figura 4.7 envolvendo árvores genealógicas é o seguinte: considerando Y e $\delta_Z Y$ como sendo “todos os filhos do mesmo

pai”; X e $\partial_Z X$ como sendo os “todos os netos do mesmo avô”. Neste caso, o avô Z teve dois filhos Y e $\partial_Z Y$, que são irmãos, e cada um deles teve também apenas um filho X e $\partial_Z X$ respectivamente, que são primos (PIAGET, 1976 p. 111). Assim como no exemplo anterior, também neste se pode operar com estes elementos e obter aqueles que contemplam simultaneamente características de duas ou mais classes encaixadas.

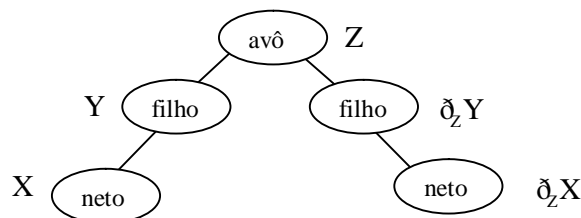


Figura 4.7 - Ilustração para um exemplo de árvore genealógica

Esses exemplos são importantes para ilustrar as *operações de multiplicação simples* de classes que fundamentam o *grupamento da multiplicação co-unívoca de classes*. De modo geral, porém, as operações no grupamento III são aquelas baseadas nas propriedades fundamentais 1 a 5 (Seção 4.3.3).

a) Propriedade derivada GIII.1: operação direta ou composição

Consiste na operação que determina a parte comum entre classes inseridas completamente uma na outra. Piaget propõe o seguinte exemplo: Se A_1 são “os filhos de um mesmo pai”, B_1 “os netos de um mesmo avô”, C_1 “os bisnetos de um mesmo bisavô”, etc., e A_2 “os irmãos”, A_2' “os primos”, B_2' “os primos em primeiro grau”, etc. (PIAGET, 1976, p. 111), tem-se uma ilustração como mostrada na Figura 4.8.

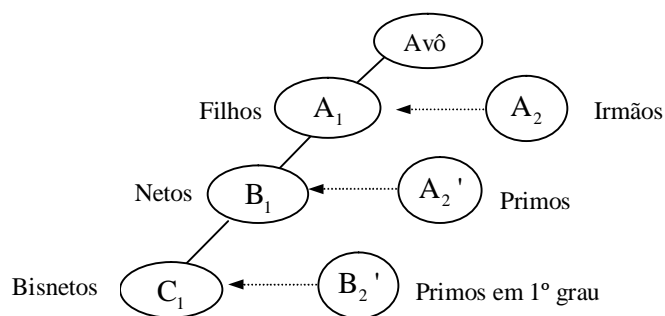


Figura 4.8 - Ilustração de multiplicação co-unívoca em sistema de parentesco

A classe primária C_1 está incluída na classe primária B_1 , que, por sua vez, está incluída na classe primária A_1 . A classe elementar B_2' está incluída na classe C_1 ; a classe elementar A_2' está incluída na classe B_1 ; a classe elementar A_2 está incluída na classe A_1 . Pode-se, então, efetuar a operação de multiplicação, que resulta em:

$$A_1 \bullet A_2 = (A_1 A_2)$$

$$B_1 \bullet B_2 = B_1 A_2 + B_1 A_2' = (B_1 B_2)$$

$$C_1 \bullet C_2 = C_1 A_2 + C_1 A_2' + C_1 B_2' = (C_1 C_2)$$

Tomando o exemplo de $B_1 \bullet B_2$ onde B_2 é uma classe constituída pelos mesmos elementos de B_1 , pode-se interpretar da seguinte maneira: a classe dos “netos do mesmo avô” (B_1 ou B_2) é constituída pelos filhos de todos os filhos do mesmo pai, em outras palavras, pelos netos nascidos de todos os filhos (irmãos) do mesmo pai. Então $B_1 A_2$ significaria “netos nascidos dos filhos do mesmo avô” e $B_1 A_2'$ significaria “netos que são primos entre si”. Assim, pode-se concluir que $(B_1 B_2)$ é constituída de elementos que possuem a mesma qualidade de serem “netos do mesmo avô”, que, simultaneamente são “primos entre si”, e “filhos dos irmãos do mesmo pai”.

Portanto, a inclusão da multiplicação co-unívoca é a operação que determina a parte comum entre uma classes qualquer da primeira seqüência (no caso do exemplo B_1, A_1) e todas as classes da segunda seqüência compreendida no nível em que a análise se efetua (no caso do exemplo A_2, A_2').

b) Propriedade derivada GIII.2: operação inversa

Consiste na operação inversa de uma multiplicação lógica. É o que se pode chamar de divisão lógica.

- Exemplos são $(X \cap \partial_z X): X = X$ e $(X \cap \partial_z X): \partial_z X = \partial_z X$.
- Note-se que a operação inversa não consiste em retirar indivíduos do produto $(X \cap \partial_z X)$, mas simplesmente retirar um encaixe, donde resulta $(X \cap \partial_z X): X = X$ como $(X \cap \partial_z X): \partial_z X = \partial_z X$.
- No entanto, como não se suprime a existência de um encaixe, visto serem eles dados em decorrência da construção aditiva das classes $X \cup \partial_x X = Y$ (grupamento I), retirar um encaixe consiste em fazer abstração desse encaixe. É assim que a classe X (dos vertebrados) pertence à classe Y (os animais), à classe Z (os seres vivos), etc. Porém, ao colocar a classe X sob a forma X , em vez de colocá-la sob a forma $X \cap Y$, ou $X \cap Y \cap Z$, adquire-se o direito de fazer abstração de seus encaixes $X \cap Y$, ou $X \cap Y \cap Z$, para considerar apenas a classe X .

c) Propriedade derivada GIII.3: operação idêntica geral

A operação idêntica geral não é o 0 ou \emptyset como nos grupamentos aditivos. A classe nula é o produto da multiplicação das classes sem objetos comuns: $X \cap \partial_z X = \emptyset$. Em outros termos, a classe nula é a maior das classes simultaneamente incluída em duas classes que não possuem indivíduos comuns. A idêntica geral é, por definição, o produto da operação direta pela inversa, e a inversa é uma abstração.

- Se considerada uma classe, como, por exemplo, $Y = \{\text{vegetais}\}$, que é uma abstração feita a ela mesma $Y: Y$, significa que os indivíduos que compõem Y não são diferenciados dos indivíduos de qualquer outra classe encaixada, e são considerados como pertencendo à classe mais geral do sistema, a dos vegetais.

Conclui-se, portanto, que são seres vegetais quaisquer, de onde $X : X = U$; $Y : Y = U$; $(X \cap Y) : (X \cap Y) = U$, etc., onde U é classe fundamental, isto é, o “todo”.

- Assim, não se pode fazer abstração do “todo” de uma vez, e uma classe qualquer sendo sempre uma parte do “todo” U , ao mesmo tempo que ela é ela mesma, a operação consiste em fazer abstração dela mesma como, por exemplo, $X : X$, que a traz de volta ao todo U .

d) Propriedade derivada GIII.4: operação idêntica especiais

Consiste em tautologia na multiplicação que faz com que $X \cap X = X$ e $Y \cap Y = Y$. Assim, pelo fato de a multiplicação aumentar apenas o número de encaixes e não a extensão das classes multiplicadas, a multiplicação de uma classe de menor extensão por uma classe de maior extensão (multiplicação da parte pelo todo), resulta em um produto que não equivale, em extensão ao todo, mas à parte.

- A multiplicação só admite a absorção do todo na parte: se $X \subseteq Y$ então $X \cap Y = X$, visto que $(X \cap Y) \subseteq Y$, pois $X \cap Y$ equivale a X , isto é, a própria classe; $(Y_1 \cap X_2) \cap (Y_1 \cap Y_2) = Y_1 \cap X_2$, etc.

e) Propriedade derivada GIII.5: associatividade

Consiste na operação de associatividade dos sistemas multiplicativos e é semelhante à dos grupamentos aditivos: geral nas seqüências de operações diretas (produto lógico \bullet) ou inversas (inversa do produto lógico $:$). Apresenta as mesmas limitações quando ocorre a mistura de idênticas especiais e das outras operações, caso em que não há associatividade.

Um exemplo pode ser dado tomando o caso representado pela Figura 4.6, onde X contém espécies, Y contém gêneros e Z é a família. Considerando que $X \subset Y \subset Z$, a associatividade entre essas classes é dada como: $\frac{(X \cap Y) \cap Z}{X \cap Z = X} = \frac{X \cap (Y \cap Z)}{X \cap Z = X}$, ou seja, a operação de interseção resulta em X .

4.4.4 Grupamento IV: multiplicação biunívoca de classes

Este é o grupamento que se refere às operações de *classificações múltiplas ou comparativas*, englobando operações referentes a tabelas de dupla (tripla ou mais) entrada. Assim, dadas duas seqüências de classes, chama-se multiplicação biunívoca a operação que consiste em determinar a parte comum entre cada classe da primeira seqüência e cada classe da segunda.

Um exemplo ilustrativo para esse grupamento, fornecido por Piaget, é o seguinte. Sejam as classes Y_1 e Z_2 nas quais todos os indivíduos envolvidos façam parte simultaneamente de ambas. Considera-se que Y_1 são os animais distribuídos na grande divisão do reino animal em: $X_1 = \{\text{vertebrados}\}$ e em $\check{\delta}_1 X_1 = \{\text{invertebrados}\}$. Além disso, no caso de Z_2 , esses animais são distribuídos conforme seu hábitat, sendo $X_2 = \{\text{terrestres}\}$, $\check{\delta}_2 X_2 = \{\text{aquáticos}\}$ e $\check{\delta}_2 X_2 = \{\text{aptos a voar}\}$ (PIAGET, 1976, p. 115-116). Então, a Figura 4.9 ilustra esta situação:

	$X_1 = \text{vertebrados}$	$\check{d}_{Y_1} X_1 = \text{invertebrados}$
$X_2 = \text{terrestres}$	$X_1 \bullet X_2$	$\check{d}_{Y_1} X_1 \bullet X_2$
$\check{d}_{Z_2} X_2 = \text{aquáticos}$	$X_1 \bullet \check{d}_{Z_2} X_2$	$\check{d}_{Y_1} X_1 \bullet \check{d}_{Z_2} X_2$
$\check{d}_{Z_2} X_2 = \text{aptos a voar}$	$X_1 \bullet \check{d}_{Z_2} X_2$	$\check{d}_{Y_1} X_1 \bullet \check{d}_{Z_2} X_2$

$Y_1 = \text{animais}$

$Z_2 \uparrow \text{hábitat}$

Figura 4.9 - Exemplo de classificação múltipla (adaptado de PIAGET, 1976, p. 115)

Tem-se, portanto, que:

- classe $Y_1 = \{\text{classe dos animais}\}$, onde $X_1 = \{\text{vertebrados}\}$ e $\check{d}_{Y_1} X_1 = \{\text{invertebrados}\}$;
- classe $Z_2 = \{\text{hábitat}\}$, onde $X_2 = \{\text{terrestres}\}$, $\check{d}_{Z_2} X_2 = \{\text{aquáticos}\}$ e $\check{d}_{Z_2} X_2 = \{\text{aptos a voar}\}$;
- $X_1 \bullet X_2 \equiv X_1 \cap X_2$: vertebrados terrestres;
- $X_1 \bullet \check{d}_{Z_2} X_2 \equiv X_1 \cap \check{d}_{Z_2} X_2$: vertebrados aquáticos;
- $X_1 \bullet \check{d}_{Z_2} Y_2 \equiv X_1 \cap \check{d}_{Z_2} Y_2$: vertebrados aptos a voar;
- $\check{d}_{Y_1} X_1 \bullet X_2 \equiv \check{d}_{Y_1} X_1 \cap X_2$: invertebrados terrestres;
- $\check{d}_{Y_1} X_1 \bullet \check{d}_{Z_2} X_2 \equiv \check{d}_{Y_1} X_1 \cap \check{d}_{Z_2} X_2$: invertebrados aquáticos;
- $\check{d}_{Y_1} X_1 \bullet \check{d}_{Z_2} Y_2 \equiv \check{d}_{Y_1} X_1 \cap \check{d}_{Z_2} Y_2$: invertebrados aptos a voar.

Note-se que a operação conjuntista da interseção foi generalizada, estabelecendo todas as possíveis combinações entre as duas seqüências de classes. Há correspondência biunívoca entre as diversas subclasses dos vertebrados X_1 e as diversas subclasses dos invertebrados $\check{d}_{Y_1} X_1$ que correspondem às colunas. O mesmo ocorre sobre as diversas linhas ou subclasses dadas por $X_2 = \{\text{terrestres}\}$, $\check{d}_{Z_2} X_2 = \{\text{aquáticos}\}$ e $\check{d}_{Z_2} X_2 = \{\text{aptos a voar}\}$.

Esses exemplos são, também, importantes para ilustrar as *operações de classificações múltiplas ou comparativas* de classes que fundamentam o *grupamento da multiplicação biunívoca de classes*. Porém, de modo geral, as operações no grupamento IV são aquelas baseadas nas propriedades fundamentais 1 a 5 (Seção 4.3.3).

a) Propriedade derivada GIV.1: operação direta

Consiste na operação que determina a parte comum entre cada classe da primeira seqüência e cada classe da segunda:

$$X_1 \bullet X_2 \equiv X_1 \cap X_2 : \text{vertebrados terrestres};$$

$$X_1 \bullet \check{\delta}_{Y_2} X_2 \equiv X_1 \cap \check{\delta}_{Y_2} X_2 : \text{vertebrados aquáticos};$$

$$X_1 \bullet \check{\delta}_{Z_2} Y_2 \equiv X_1 \cap \check{\delta}_{Y_2} Y_2 : \text{vertebrados aptos a voar, etc.}$$

b) Propriedade derivada GIV.2: operação inversa

Consiste na operação de retirada de encaixes, que é a abstração. Então, tem-se: $(Y_1 \cap Y_2) : Y_2 = Y_1$; $Y_1 : Y_1 = U$.

c) Propriedade derivada GIV.3: operação idêntica geral

Consiste em U , visto que: $Y_1 \cap U = Y_1$; $Y_1 : U = Y_1$, e $Y_1 : Y_1 = U$.

d) Propriedade derivada GIV.4: operação idêntica especial

Consiste na tautologia, visto que $Y \cap Y = Y$, e a absorção, visto que $X \cap Y = X$. É assim que cada classe desempenha o papel de idêntica com relação a ela mesma e às classes de nível inferior que nela estão encaixadas.

e) Propriedade derivada GIV.5: associatividade

Consiste na operação de associatividade dos sistemas multiplicativos que é semelhante à dos grupamentos aditivos, visto que este grupamento pode ser visto como um duplo ou múltiplo grupamento aditivo. Assim, a associatividade é geral nas seqüências de operações diretas (produto lógico \bullet) ou inversas (inversa do produto lógico $:$), e apresenta as mesmas limitações quando ocorre a mistura de idênticas especiais e das outras operações.

Um exemplo pode ser dado tomando o caso representado pela Figura 4.9, e questionando qual é a classe dos animais aptos a voar. A associatividade pode ser notada em se operando os vertebrados X_1 , os invertebrados $\check{\delta}_{Y_1} X_1$ e os aptos a voar

$\check{\delta}_{Z_2} Y_2$, em que se tem que $X_1 \cap (\check{\delta}_{Y_1} X_1 \cap \check{\delta}_{Z_2} Y_2) = (X_1 \cap \check{\delta}_{Y_1} X_1) \cap \check{\delta}_{Z_2} Y_2$, indicando que qualquer caminho percorrido chegará à mesma solução.

Algumas observações importantes com relação ao grupamento IV, feitas por Piaget, são as seguintes. Esse grupamento é o mais geral dos grupamentos de classes, visto que cada um dos outros três grupamentos anteriores pode ser derivado deste, sendo que a recíproca não é verdadeira. O grupamento aditivo das classes é uma seqüência de encaixes, que intervém na multiplicação biunívoca. O grupamento das vicariâncias intervém na equivalência, que permite a multiplicação completa. O grupamento das multiplicações co-unívocas constitui uma limitação do grupamento IV.

O conjunto multiplicativo dado por $(X_1 \bullet X_2) \cup (X_1 \bullet \check{\delta}_{Y_2} X_2) \cup (\check{\delta}_{Y_1} X_1 \bullet X_2) \cup (\check{\delta}_{Y_1} X_1 \bullet \check{\delta}_{Y_2} X_2)$ corresponde a uma tautologia na lógica das proposições $(p \bullet q) \vee (p \bullet \bar{q}) \vee (\bar{p} \bullet q) \vee (\bar{p} \bullet \bar{q})$. Significa que ele está no ponto inicial das 16 combinações binárias próprias às operações bi-proposicionais; o desenvolvimento do conjunto multiplicativo $Y_1 \bullet Y_2 \bullet Y_3$ corresponde à afirmação tautológica ternária e se encontra no ponto de início das 256 combinações ternárias próprias às operações tri-proposicionais, etc.

As estruturas $Y_1 \bullet Y_2$, $Y_1 \bullet Y_2 \bullet Y_3$, etc., constituem, por suas combinações 2^{2^n} , os 16, 256, etc., subconjuntos que formam os “conjuntos das partes” de um sistema de dois, três, etc., conjuntos, confirmando a conexão entre esta estrutura e a da lógica das proposições. Por outro lado, as estruturas $Y_1 \bullet Y_2$, etc., constituem redes propriamente ditas: o *supremo* e o *ínfimo* de X_1 e de X_2 são, respectivamente, $X_1 \cup X_2$ e $X_1 \cap X_2$. Cada par de partes do conjunto é limitado inferior e superiormente.

Sendo assim, o grupamento IV marca simultaneamente o acabamento da lógica das classes e o início da lógica das proposições e da lógica dos conjuntos. Note-se que a lógica dos conjuntos consiste em uma lógica das classes desprovidas de seu conteúdo qualitativo e, exatamente por este fato, admitindo uma série de outras operações.

4.5 Grupamentos das relações

Segundo Piaget, as relações “[...] constituem a compreensão⁵⁷ dos conceitos cuja extensão⁵⁸ é representada pelas classes” (PIAGET, 1976, p. 119) e dizem respeito a *relações intensivas*, aquelas que apresentam como quantificação apenas a relação de desigualdade entre a parte e o todo, e como equivalência a co-posse da mesma qualidade. Essas relações envolvem operações efetuadas com *classes semi-estruturadas*, que são aquelas classes cujos objetos são seriados segundo suas diferenças, sem que exista operação que permita compor as diferenças entre objetos não consecutivos a partir apenas da diferença de objetos consecutivos.

Na linguagem comum, expressões tais como: $a < b$, $a = b$, $a + b = c$, a é divisor b , $a \Rightarrow b$, $a \Leftrightarrow b$, etc., são denominadas relações entre a e b . Intuitivamente uma relação (ou, mais especificamente, uma relação binária) é uma sentença aberta p de duas variáveis, ou uma proposição de duas variáveis.

Uma relação existente entre elementos de uma outra classe tem o mesmo significado, de modo que todos os elementos desta outra classe possuem em comum pelo menos uma dada característica. Essas relações são ditas *relações de equivalência qualitativa*.

Analogamente às relações da Lógica Clássica, as relações qualitativas podem ainda ser bivalentes, trivalentes e multivalentes. As relações bivalentes são aquelas que admitem apenas serem verdadeiras ou falsas (V ou F). As trivalentes admitem três situações ao mesmo tempo, caso da expressão “ a está na fronteira”, onde a está ao mesmo tempo dentro e fora dela. As multivalentes admitem o “mais” e/ou o “menos”, tal como usado em expressões como “ a é mais pesado do que b ”.

Considerando então as relações qualitativas, Piaget pôde definir os grupamentos das relações. A *principal diferença* entre os *grupamentos das relações e o das classes* é que os grupamentos das relações, ao invés de se referirem à adição ou à subtração de classes, referem-se apenas à adição ou subtração das diferenças existentes entre os termos dessas classes. Em outras palavras, o *grupamento das relações* visa mostrar que a estrutura das relações refere-se exclusivamente à diferença ou semelhança entre termos, tais como:

⁵⁷ Denomina-se “compreensão” ao conjunto de qualidades comuns aos elementos de cada classe, bem como ao conjunto das diferenças que distinguem os elementos de cada classe. As classes estando ordenadas de qualquer que seja a maneira, exprimem, por esta ordenação, as relações consideradas.

⁵⁸ Denomina-se “extensão” ao conjunto de elementos de uma classe, definida pela sua compreensão.

- 1) Uma relação simétrica que exprime uma diferença nula (equivalência) ou uma diferença não ordenada (equivalência negativa).
- 2) Uma relação assimétrica que exprime uma diferença ordenada não nula.
- 3) As relações transitivas que admitem a ação cumulativa das diferenças não nulas ou a adição tautológica das equivalências.
- 4) As relações reflexivas que se ligam a esta mesma tautologia.
- 5) As relações conexas que se ligam à adição das diferenças distintas.
- 6) As relações bi, tri e multivalentes indicam os modos de distribuição das diferenças.

Pode-se perceber, assim, que esses grupamentos são responsáveis apenas por adição ou subtração de diferenças. Faz-se, a seguir, de modo análogo ao feito nas Seções 4.4.1 a 4.4.4, uma discussão pontual a respeito das principais características dos quatro grupamentos das relações. Para os grupamentos de relações, são utilizados principalmente os símbolos + para indicar a soma das diferenças ou a operação de adição entre relações; - para indicar a subtração das diferenças ou a operação de subtração entre relações; e • para indicar a multiplicação entre relações.

4.5.1 Grupamento V: adição das relações assimétricas transitivas

O grupamento *adição das relações assimétricas⁵⁹ transitivas⁶⁰* constitui uma seqüência linear ou diferenças ordenadas. Em outras palavras, engloba operações referentes a *seriação*, ou seja, a colocação qualitativa de elementos em série, tais como tinturas mais ou menos escuras, elementos mais ou menos altos, pesados, etc. Referem-se a relações entre elementos que carregam uma diferença entre si.

Um exemplo ilustrativo deste grupamento é o seguinte: considerando os elementos a, b, c de vários tamanhos. Poder-se-ia dizer que b é maior do que a , e c é maior do que b . Por exemplo, a expressão⁶¹ $(a \xrightarrow{a} b) + (b \xrightarrow{a'} c) = (a \xrightarrow{b} c)$ indica que se for acrescentado à diferença a , existente entre a e b , a diferença a' , existente entre b e c , obtém-se a diferença b , que é a diferença entre a e c . A adição serial constitui a adição dessas diferenças, ou seja $b = a + a'$. Note-se que $b = a + a'$ implica que $a < b$ e $a' < b$ ⁶², mas não se pode comparar as partes a e a' ; nada garante a igualdade ou diferença entre a e a' . É nesta noção de transitividade que se fundamenta o raciocínio se $a < b$, $b < c$ então $a < c$. A Figura 4.10 ilustra essas diferenças.

⁵⁹ As relações assimétricas são assim definidas por Piaget: elas “[...] são sempre, em contraposição, relações de diferença ordenada... Há em primeiro lugar, relações assimétricas que implicam o mais e o menos: \pm alto, virtuoso, etc. É claro que tais relações exprimem uma diferença ordenada entre os termos ligados. Mas há relações assimétricas que comportam apenas um par de valores: esquerda e direita, exterior e interior, etc. A relação traduz por sua composição assimétrica, como tal, uma diferença orientada, cujo caráter é simplesmente o de proceder por pares, mas por pares componíveis entre eles segundo uma ordem.” (PIAGET, 1976, p. 126).

⁶⁰ As relações *transitivas* unem elementos, a a b ; b a c e, portanto, a a c . O sentido de *conexa* é que se pode retornar.

⁶¹ Note-se que a relação $(a \xrightarrow{a} b)$ apresenta uma certa ambigüidade, pois a em $a \xrightarrow{\quad}$ significa o elemento, enquanto a em \xrightarrow{a} significa a qualidade de a . Optou-se por empregar este simbolismo seguindo a notação usual de Piaget.

⁶² Note-se que $a < b$ denota uma relação de intensidade entre a e b . Em se tratando de números a exemplo de $1+2=3$, seria $1 < 2$ e $2 < 3$. Sendo qualitativo o contexto com o qual se está lidando, $a < b$ denota que a qualidade de b é mais intensa que a qualidade de a .

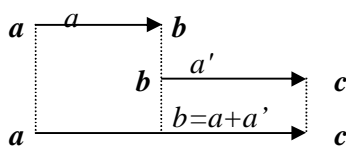


Figura 4.10 – Ilustração da adição serial de elementos

Quando as relações deste grupamento são *singulares* (uma só qualidade), este constitui uma enumeração que se limita a designar cada termo por pelo menos aquela qualidade que lhe é própria. Um exemplo pode ser formulado a partir de uma interpretação da ilustração da Figura 4.10. Em se considerando que, em uma caixa, existem varetas de tamanhos 5, 10 e 15 centímetros, e que existem apenas três varetas, sendo que cada qual é de um desses tamanhos (são singulares), poder-se-ia, então, enumerá-las.

As principais propriedades referentes ao *grupamento adição das relações assimétricas transitivas* são apontadas a seguir, cujos exemplos estão baseados em relações tais como as ilustradas na Figura 4.10.

a) Propriedade derivada GV.1: operação direta ou composição

Consiste na adição das diferenças, denotada por $+ \xrightarrow{x}$, onde x é a qualidade. Por exemplo: $(a \xrightarrow{a} b) + (b \xrightarrow{a'} c) = (a \xrightarrow{b} c)$, ou seja, $b = a + a'$.

b) Propriedade derivada GV.2: operação inversa

Consiste na subtração de uma diferença, denotada por $- \xrightarrow{x}$, onde x é a qualidade. Por exemplo, tomando-se, na Figura 4.10, a relação $a \xrightarrow{a+a'} c$, e retirando a diferença a' , obtém-se a diferença a : $(a \xrightarrow{b} c) - (b \xrightarrow{a'} c) = (a \xrightarrow{a} b)$.

Por outro lado, para considerar ambas as diferenças a e a' , elas se somam: $-(a \xrightarrow{a} b) - (b \xrightarrow{a'} c) = -(a \xrightarrow{b} c)$. Ou seja, esta última expressão representa a composição de duas subtrações de diferenças, portanto a inversão completa das composições anteriores, feitas no sentido positivo.

A subtração de uma relação assimétrica positiva (uma diferença ordenada) equivale à adição de sua *recíproca*⁶³. Em outros termos, adicionar uma relação consiste em passar de um termo a outro (no exemplo de a para b) acrescentando uma diferença. Subtrair uma relação consiste em voltar do termo seguinte ao anterior (no exemplo de b para a), eliminando a diferença, caracterizando a reciprocidade. A *inversa* é a *subtração não disjuntiva*⁶⁴.

⁶³ Piaget a chamou de “conversa” (PIAGET, 1976, p. 133). Porém, estando operando com proposições, ter-se-ia, então, que proposições associadas condicionais $p \rightarrow q$, seria algo do tipo: “Dada a condicional $p \rightarrow q$, chama-se proposições associadas a $p \rightarrow q$ as três seguintes proposições condicionais que contém p e q: a) proposição recíproca de $p \rightarrow q$: $p \rightarrow q$; b) proposição contrária de $p \rightarrow q$: $\sim p \rightarrow \sim q$; c) proposição contrapositiva de $p \rightarrow q$: $\sim q \rightarrow \sim p$.” (FILHO, 1984, p. 59).

⁶⁴ Note-se que há diferença entre a subtração disjuntiva, própria das classes, e a subtração não disjuntiva, própria das relações. Enquanto que na primeira se tem uma classe e sua complementar distintas entre si, a exemplo da

c) Propriedade derivada GV.3: operação idêntica geral

Consiste na diferença nula: $(a \xrightarrow{a} a)$ ou $(a = a)$. É a identidade, visto que não há diferença qualitativa de um elemento quando comparado com ele mesmo. Ela é o produto da operação direta por sua inversa; é a operação que não modifica aquelas com as quais é composta.

d) Propriedade derivada GV.4: idênticas especiais

Consiste na tautologia e na reabsorção.

Pode-se exemplificar a tautologia, tendo inspiração na ilustração da Figura 4.10. Em se considerando que, em uma caixa, existem varetas de 10 centímetros de comprimento, e se existem várias destas varetas, não há diferença de comprimento entre elas: $(a \xrightarrow{a'} b) + (a \xrightarrow{a'} b) = (a \xrightarrow{a'} b)$.

Para exemplificar a reabsorção também se pode tomar a mesma ilustração. Considerando que, em uma caixa, existem três varetas, uma de 5, outra de 10 e outra de 15 centímetros de comprimento. A diferença de comprimento entre a menor e a maior é a soma dessas diferenças: $(a \xrightarrow{a'} b) + (a \xrightarrow{a'b'} c) = (a \xrightarrow{a'b'} c)$.

e) Propriedade derivada GV.5: associatividade

Considerando que a associatividade segue as mesmas leis dos grupamentos das classes, então se pode dizer que a associatividade é geral entre termos de sinais iguais ou entre termos de sinais misturados que não contenham idênticas especiais.

É o caso de $(a \xrightarrow{a} b + a \xrightarrow{a} b) + b \xrightarrow{a'} c = a \xrightarrow{a} b + (a \xrightarrow{a} b + a \xrightarrow{a'} c)$ que, operado, resulta em $a \xrightarrow{a} b + a \xrightarrow{a'} c = a \xrightarrow{a} b + a \xrightarrow{b} c$ que, por sua vez, resulta em $a \xrightarrow{b} c = a \xrightarrow{b} c$. No entanto, havendo sinais misturados, não há associatividade quando um mesmo termo desempenha simultaneamente o papel de idêntica especial e um outro papel diferente.

Com relação à comparação entre as estruturas de classes e as estruturas de relações, mesmo considerando o isomorfismo entre os grupamentos quinto e primeiro, pode-se ainda relacionar as seguintes características:

- 1) *A seriação das inclusões*: A inclusão de uma classe em outra constitui uma relação assimétrica transitiva. Em considerando uma seqüência de inclusões, tem-se uma seriação obedecendo ao grupamento V. Por outro lado, a inclusão de uma relação, por exemplo $(a \xrightarrow{a} b) + (b \xrightarrow{a'} c) = (a \xrightarrow{b} c)$, pode-se vê-la como obedecendo ao grupamento I. Na verdade, o significado da inclusão de uma relação é que o termo seguinte b é de uma extensão superior ao termo anterior a , superior em um aspecto qualitativo \xrightarrow{a} , ou seja, há uma simples ordem de sucessão.
- 2) *Não comutatividade da adição serial*: considerando que uma seqüência de inclusões de classes constitui uma seriação de relações, surge a primeira diferença entre a adição de classes e a adição de relações assimétricas: a primeira é comutativa

$(A \cup \check{A}_B) = (\check{A}_B \cup A)$, significando (vertebrados \cup invertebrados) = (invertebrados \cup vertebrados), e a segunda não o é, visto que diferenças $(\xrightarrow{a}, \xrightarrow{a'})$, etc., supõem uma ordem, e esta não pode ser violada.

- 3) *Ausência de vicariância*: foi visto (grupamento II) que as classes são vicariantes. Em uma classificação qualquer, podem-se decompor as classes da maneira como se queira, até o limite de classes elementares, inclusive, não ordenadas. Quanto às relações assimétricas, elas constituem uma seqüência linear e, em se querendo subdividi-la ainda mais, pode-se fazê-lo e se obterão sempre segmentos sucessivos constitutivos da série total original.
- 4) *Enumeração e seriação*: um conjunto de classes elementares (grupamento I) pode ser visto enquanto uma seqüência, uma enumeração. Isto porque, se a seqüência for modificada, nada muda com relação às classes. Com um conjunto de relações o mesmo não acontece. A seqüência das relações constitui uma seriação, e, se esta seqüência for modificada, modifica-se a série total e as relações componentes.
- 5) *Impossibilidade de reunir em um só grupamento a adição simples das classes (grupamento I) e a das relações assimétricas (grupamento V)*: uma classe ordenada é um misto, do ponto de vista operatório: ou se efetuam sobre ela operações do agrupamento V (impedindo o emprego dos grupamentos I e II), ou se aplicam as operações dos grupamentos I e II, fazendo abstrações das operações de relacionamento próprias ao grupamento V. É claro que, em fazendo abstração das qualidades, o que equivale a considerar os termos como simples unidades homogêneas, então se pode simultaneamente seriá-los e classificá-los (Lógica Matemática). Neste caso, elas deixam de ser classes simplesmente lógicas, passando a ser unidades aritméticas: tornam-se as classes primárias em números cardinais, e as relações assimétricas primárias em números ordinais.

4.5.2 Grupamento VI: adição das relações simétricas

O *grupamento adição das relações simétricas* exprime ora *diferenças nulas ou equivalências* em relações de *co-pertinência* ou *co-inclusão de classes* ora *diferenças não ordenadas* ou *equivalências negativas*, indicando a *não pertinência* ou a *não inclusão* com referência às mesmas classes. Significa que dois elementos pertencentes a uma classe assim o são porque possuem *alguma característica em comum*. Ora, esta característica é uma relação, uma vez que confere aos elementos a pertinência àquela classe.

Alguns exemplos são os seguintes: “compatriota” é uma relação simétrica que une os membros de uma mesma classe nacional; por outro lado “não compatriota” também é uma relação simétrica, só que une membros de classes nacionais diferentes. “Igual” é uma relação simétrica que caracteriza a co-pertinência a uma mesma classe de valores; “diferente” é uma relação simétrica que caracteriza a não-pertinência comum com referência a uma determinada classe.

É assim que, se A é a classe dos “filhos do mesmo pai”, e se a, b e c a ela pertencem, há uma relação simétrica, transitiva e reflexiva \xleftrightarrow{a} , que exprime a co-pertinência a esta classe. Da mesma maneira, a, b e c pertencem à classe B , dos “netos do mesmo avô”, e o que os liga é também uma relação simétrica, transitiva e reflexiva \xleftrightarrow{b} , que exprime sua propriedade comum em B . Uma relação $a \xleftrightarrow{a} a$ significa que a “é ele mesmo”.

É possível exprimir equivalência negativa, que não são operações inversas com referência às composições positivas correspondentes. A inversa não se dá por negação, mas por reciprocidade. Pode-se dizer, por exemplo, que a é primo de b , e, por reciprocidade, afirmar que b é primo de a . Estaria incorreto dizer, neste exemplo, que a é primo de b , e, por negação, dizer que b não é primo de a ; seria uma incoerência⁶⁵. Como dito por Piaget,

[...] percebe-se então, de modo mais claro, por que a reversibilidade própria às operações de relações baseia-se na reciprocidade e não na negação: pelo fato mesmo de que as relações se referem à compreensão e não à extensão, a afirmação e a negação simultânea da mesma relação são destituídas de qualquer significação. (PIAGET, 1976, p. 140).

Além das relações entre elementos, existem também as relações entre classes. Essas últimas apresentam as mesmas formas que as primeiras.

Piaget usa uma terminologia específica para se referir a alguns tipos especiais de relações, que são relações de equivalência positivas e negativas e as relações de alteridade positivas e negativas. Sobre elas são feitos comentários a seguir. Antes, porém, a Figura 4.11 ilustra uma situação particular de parentesco, e pode ser utilizada para exemplificar essas noções.

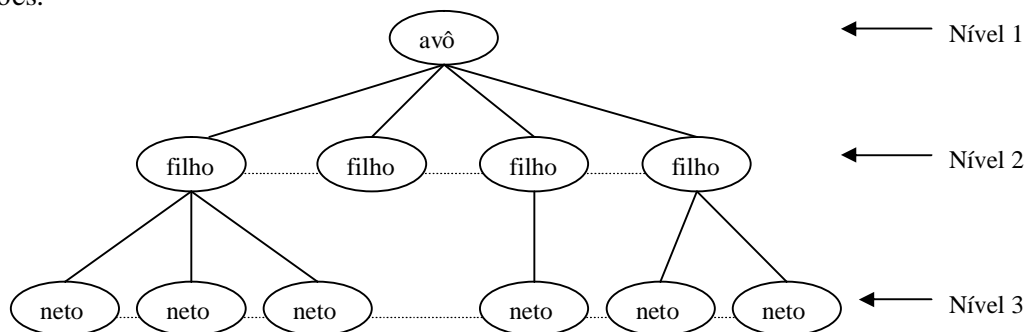


Figura 4.11 – Ilustração de relações de equivalência e alteridade

- 1) *Relações de equivalência positivas*: São relações simétricas, transitivas e reflexivas que exprimem a co-posse dos caracteres distintos e próprios às classes a que pertencem. É o caso do nível 2, em que todos os filhos estão reunidos. Se considera que a é a qualidade de “ser irmão”, $\leftarrow^a \rightarrow$. Então, tem-se:
 - uma relação simétrica: se $a \leftarrow^a b$, então $b \leftarrow^a a$, significando que, se a é irmão de b , então b é irmão de a ;
 - um relação transitiva: se $a \leftarrow^a b$ e $b \leftarrow^a c$, então $a \leftarrow^a c$, significando que, se a é irmão de b e b é irmão de c , então a também é irmão de c ;
 - uma relação reflexiva: $a \leftarrow^a a$, significando que a é ele mesmo.
- 2) *Alteridades positivas*: São as relações simétricas, intransitivas e irreflexivas, que exprimem a co-posse dos caracteres específicos das classes a que pertencem e a posse não comum dos caracteres próprios às classes de nível inferior. Pode-se citar o

⁶⁵ Uma das características do período operatório concreto é que a reversibilidade se dá ou por negação (classes) ou por reciprocidade (relações).

seguinte exemplo: considerando que a é a qualidade de “ser neto do mesmo avô”, \leftarrow^a , e b é a qualidade de “não ser irmão”, \leftarrow^b , tem-se:

- uma relação simétrica: se $a \leftarrow^a b$, então $b \leftarrow^a a$, significando que, se a é neto do mesmo avô que b , então b é neto do mesmo avô que a ;
 - uma relação intransitiva: se $a \leftarrow^a b$ e $b \leftarrow^a c$ e $b \leftarrow^b c$, então não se pode concluir que a e b sejam ou não irmãos; pode-se concluir apenas que a é neto do mesmo avô que c ;
 - uma relação irreflexiva: $a \leftarrow^a a$, significando que a não pode ser neto de si próprio.
- 3) *Equivalência negativa*: São as relações simétricas, intransitivas e irreflexivas que exprimem a posse não comum dos caracteres distintivos próprios às classes de nível correspondente. Pode-se citar o seguinte exemplo: considerando que a é a qualidade de “ser primo”, \leftarrow^a , tem-se:
- uma relação simétrica: se $a \leftarrow^a b$, então $b \leftarrow^a a$, significando que, se a é primo de b , então b também é primo de a ;
 - uma relação intransitiva: se $a \leftarrow^a b$ e $b \leftarrow^a c$, significando que, se a é primo de b e b é primo de c , então não se pode concluir que a e c também sejam primos;
 - uma relação irreflexiva: $a \leftarrow^a a$, significando que a não pode ser seu próprio primo.
- 4) *Alteridade negativa*: São as relações simétricas, intransitivas e reflexivas que negam a alteridade correspondente. Pode-se citar o seguinte exemplo: considerando que a é a qualidade de “ser neto do mesmo avô”, \leftarrow^a , e b é a qualidade de “ser filho do mesmo pai”, \leftarrow^b , tem-se:
- uma relação simétrica: se $a \leftarrow^a b$, então $b \leftarrow^a a$, significando que, se a é neto do mesmo avô que b , então b também é neto do mesmo avô que a ;
 - uma relação intransitiva: se $a \leftarrow^a b$ e $b \leftarrow^a c$ e $b \leftarrow^b c$, então não se pode concluir que a e b tenham ou não o mesmo pai;
 - uma relação reflexiva: $a \leftarrow^a a$, significando que a é neto de seu próprio avô.

Note-se que as propriedades relativas às equivalências são sempre no mesmo nível, ou seja, só se opera com um tipo de qualidade. Por outro lado, alteridades operam com qualidades diferentes significando que estão em classes de nível distinto.

- 5) *Produto aditivo de duas relações simétricas*⁶⁶: O produto aditivo de duas relações simétricas entre três termos a, b e c é a relação simétrica de nível mais fraco determinada entre a e c pelas relações simétricas dadas entre a e b , assim como entre b e c . Podem-se também adicionar as relações simétricas dadas entre dois termos quando estas relações não são contraditórias. São essas operações aditivas que caracterizam este grupamento, no qual as tautologias, as reabsorções e as

⁶⁶ Se a tem o mesmo pai que b e b é primo de c , pode-se apenas concluir que a será primo de b , visto que a adição de relações simétricas determina a relação de nível mais fraco.

alteridades correspondentes às classes secundárias e às vicariâncias desempenham um papel fundamental. Uma discussão pode ser vista em (PIAGET, 1976, p. 141).

Ainda algumas considerações. O único modo de conseguir atingir relações de nível superior a partir de relações de nível inferior é através da adição de alteridades positivas. Exemplo: se a é primo de b e b o é de c , então a única conclusão possível é que a terá o mesmo avô que c (e poderá ser seu primo, ou seu irmão, ou ainda ser o próprio c).

Inversamente, a única maneira de descer de uma equivalência positiva superior para uma equivalência positiva inferior consiste em compor a primeira com uma equivalência negativa, e isto no caso em que as duas relações unem dois mesmos termos a e b . Por exemplo, se a tem o mesmo avô que b e ambos não têm o mesmo pai, eles são primos.

Em se compondo esta relação e a estendendo a três termos, chega-se a reabsorções. Por exemplo, se a tem o mesmo avô que b e se b e c não são irmãos, a única conclusão quanto às relações entre a e c é que eles pertencem à classe mais geral do sistema U .⁶⁷

As principais propriedades alusivas ao *grupamento adição das relações simétricas* são:

a) Propriedade derivada GVI.1: operação direta ou composição

Consiste na adição de uma *relação simétrica* qualquer (equivalência positiva ou negativa e alteridade positiva ou negativa) em uma dada ordem dos termos a, b e c como: $(a \xleftarrow{a} b) + (b \xleftarrow{a} c) = (a \xleftarrow{a} c)$.

b) Propriedade derivada GVI.2: operação inversa

Consiste na adição feita na ordem contrária, ou seja, se $a \xleftarrow{a} b$, será $b \xleftarrow{a} a$.

c) Propriedade derivada GVI.3: operação idêntica geral

É a identidade, visto que consiste no produto das operações direta e inversa: $(a \xleftarrow{a} b) + (b \xleftarrow{a} a) = (a \xleftarrow{a} a)$.

d) Propriedade derivada GVI.4: idênticas especiais

As idênticas especiais são a tautologia $(a \xleftarrow{a} b) + (a \xleftarrow{a} b) = (a \xleftarrow{a} b)$ e a reabsorção $(a \xleftarrow{a} b) + (a \xleftarrow{b} b) = (a \xleftarrow{b} b)$.

e) Propriedade derivada GVI.5: associatividade

A associatividade é geral, visto que as operações diretas e inversas são idênticas entre si. As principais composições são (PIAGET, 1976, p. 144 a 149):

- *O produto de duas equivalências positivas é a mais fraca das equivalências positivas que as engloba.* Ou seja:

$$(a \xleftarrow{a} b) + (b \xleftarrow{c} c) = (a \xleftarrow{c} c);$$

$$(a \xleftarrow{a} b) + (b \xleftarrow{b} c) = (a \xleftarrow{b} c);$$

$$(a \xleftarrow{c} b) + (b \xleftarrow{b} c) = (a \xleftarrow{c} c).$$

⁶⁷ U é o conjunto fundamental, o “todo”.

Assim, se a e b pertencem a uma classe A , e b e c pertencem a classe B , então a relação de equivalência entre a e c será determinada pela co-pertinência à classe composta $(A \cup B)$. No caso dos encaixes aditivos, têm-se as reabsorções $A \cup B = B$, significando que o produto das duas equivalências positivas será simplesmente a que for de nível superior.

Há, ainda, o caso em que as equivalências traduzem a co-pertinência a classes multiplicativas (equivalência positiva com equivalência positiva). Tem-se o seguinte exemplo, considerando as três fronteiras Brasil, Argentina e Paraguai: Os habitantes de Foz do Iguaçu, no Brasil (a), são vizinhos ($\leftarrow^{a_1}\rightarrow$) dos habitantes de Porto Iguaçu, na Argentina (b); os habitantes de Porto Iguaçu, na Argentina (b), falam espanhol ($\leftarrow^{a_2}\rightarrow$), assim como os de Cidade do Leste, no Paraguai (c). Qual será a relação entre os brasileiros e os paraguaios? (adaptado de PIAGET, 1976, p. 145). Interpretando esta questão, tem-se:

- A_1 = classe dos brasileiros;
- A_2 = classe dos que falam espanhol;
- δA_1 = classe dos não brasileiros;
- δA_2 = classe dos que não falam espanhol;
- $A_1 \cap A_2$ = brasileiros que falam espanhol;
- $A_1 \cap \delta A_2$ = brasileiros que não falam espanhol;
- $\delta A_1 \cap A_2$ = não brasileiros que falam espanhol;
- $\delta A_1 \cap \delta A_2$ = não brasileiros que não falam espanhol;
- $\leftarrow^{a_1}\rightarrow$ = qualidade de ser brasileiro;
- $\leftarrow^{a_2}\rightarrow$ = qualidade de falar espanhol;
- $\leftarrow^{a'_1}\rightarrow$ = qualidade de não ser brasileiro;
- $\leftarrow^{a'_2}\rightarrow$ = qualidade de não falar espanhol.

Para responder à pergunta “Qual a relação entre os brasileiros e os paraguaios?”, fazem-se as seguintes considerações. Os brasileiros não falam espanhol $\leftarrow^{a_2}\rightarrow$ e os paraguaios não são brasileiros $\leftarrow^{a'_1}\rightarrow$. Como o produto de duas equações positivas é a mais fraca das equivalências positivas que as engloba, então conclui-se que a relação entre os brasileiros e os paraguaios é justamente que os primeiros não falam espanhol e os segundos não são brasileiros, logo, $\leftarrow^{a'_2 a'_1}\rightarrow$.

- *O produto de uma equivalência positiva e de uma alteridade positiva é aquela das duas relações que for de nível superior:*

$$(a \leftarrow^a \rightarrow b) + (b \leftarrow^{a'} \rightarrow c) = (a \leftarrow^{a'} \rightarrow c)$$

$$(a \leftarrow^a \rightarrow b) + (b \leftarrow^{b'} \rightarrow c) = (a \leftarrow^{b'} \rightarrow c)$$

$$(a \xleftarrow{b} b) + (b \xleftarrow{a'} c) = (a \xleftarrow{b} c)$$

$$(a \xleftarrow{c} b) + (b \xleftarrow{a'} c) = (a \xleftarrow{c} c)$$

Por exemplo, se a e b são netos do mesmo avô (\xleftarrow{b}), e se b é primo pelo lado paterno de c ($\xleftarrow{a'}$), então a e c são netos do mesmo avô (\xleftarrow{b})⁶⁸.

- *O produto de duas alteridades positivas de níveis diferentes, dadas entre três termos, é a de nível superior:* Por exemplo, se a é irmão de b e b é primo de c então a é primo de c . Quando as alteridades são de níveis diferentes, os dois termos unidos por aquela de nível inferior (por exemplo, irmão $\xleftarrow{o'}$) são equivalentes do ponto de vista da classe imediatamente superior (por exemplo, filhos do mesmo pai \xleftarrow{a}). Se um desses dois termos está ligado a um terceiro por uma alteridade de ordem superior (como primo $\xleftarrow{a'}$), a outra o é também em virtude de sua co-pertinência à mesma classe; ou seja, $(a \xleftarrow{a'} b) + (b \xleftarrow{a'} a) = (a \xleftarrow{o} a)$, onde \xleftarrow{o} significa diferença nula.
- *Quando duas alteridades positivas são do mesmo nível, seu produto é a equivalência de nível imediatamente superior:* Por exemplo, se a é primo pelo lado paterno de b e b o é de c , então a e c são netos do mesmo avô, podendo ser primos, irmãos ou idênticos. A composição destas alteridades de mesmo nível não se baseia mais na tautificação ou na reabsorção das classes correspondentes, mas na vicariância destas classes, visto que o conjunto dos “netos do mesmo avô” é constituído pela soma de todos os indivíduos primos: $(a \xleftarrow{a'} b) + (b \xleftarrow{a'} c) = (a \xleftarrow{b} c)$.
- *A composição de uma equivalência positiva entre a e b com uma equivalência ou uma alteridade negativas de nível inferior entre os dois mesmos termos a e b resulta em uma relação exprimindo, sob a forma de uma equivalência ou de uma alteridade, o produto da subtração das classes correspondentes.* Por exemplo, se a tem o mesmo avô que b e b não é irmão de a , b é primo de a , e vice-versa $B \setminus A = \check{B}_B A$ e $B \setminus \check{B}_B A = A$.
- *A composição de uma equivalência positiva entre a e b com uma equivalência ou uma alteridade negativas do mesmo nível ou de nível superior entre b e c resulta nesta mesma equivalência ou alteridade negativas, entre a e c .* Por exemplo, se a é irmão de b e b não é irmão (ou primo, etc.) de c , conclui-se, então, que a não é irmão (ou primo, etc.) de c : $(a \xleftarrow{a} b) + (b \xleftarrow{\bar{a}} c) = (a \xleftarrow{\bar{a}} c)$.
- *A composição de uma equivalência positiva entre c e b e uma equivalência ou alteridade negativas de nível inferior entre os termos a , b e c resulta na equivalência mais geral do sistema considerado (seja \xleftarrow{u} correspondendo à classe U). Por exemplo, se a e b não são da mesma classe A , e se b e c não são da mesma classe B (sem ser dada qualquer relação entre as classes A e B)*

⁶⁸ Maiores detalhes e justificativas podem ser vistos em Piaget (1976, p. 145).

incluída em A , conclui-se que a e c pertencem à classe mais geral do sistema,
 $U: (a \xleftarrow{\bar{a}'} b) + (b \xleftarrow{\bar{b}'} c) = (a \xleftarrow{u} z)$.

4.5.3 Grupamento VII: multiplicação co-unívoca das relações

Multiplicar uma relação por outra consiste em submeter os elementos da primeira relação (todos ou alguns) à segunda. Uma *relação co-unívoca* é toda relação assimétrica que une um elemento a muitos. Além disso, uma relação assimétrica multiplicada por sua inversa produz uma relação simétrica transitiva.

Utiliza-se o símbolo \downarrow para representar uma relação co-unívoca, e \uparrow para representar sua inversa. Por exemplo, uma relação que encaixa uma classe A em suas subclasses é co-unívoca, e se pode denotar $(a \uparrow A) \bullet (A \downarrow b) = (a \xleftarrow{a} b)$, onde \xleftarrow{a} é uma relação de equivalência sob a propriedade característica a , da classe A .

Pode-se, então, definir *multiplicação co-unívoca de relações* como a operação que determina, entre dois termos a e c , as relações co-unívocas e as relações simétricas de nível mais fraco, partindo das relações de mesmas formas dadas entre a e b , e entre b e c . Assim, por exemplo, a é o pai (\downarrow^a) do irmão ($\xleftarrow{o'}$) de b , b é o pai (\downarrow^a) do primo por parte de pai ($\xleftarrow{a'}$) de c ; portanto a é o avô ($\downarrow^b \xleftarrow{a'}$) de c , de maneira que $(a \downarrow^a \xleftarrow{o'} b) \bullet (b \downarrow^a \xleftarrow{a'} c) = (a \downarrow^b \xleftarrow{o'} c)$. A Figura 4.12 ilustra este exemplo.

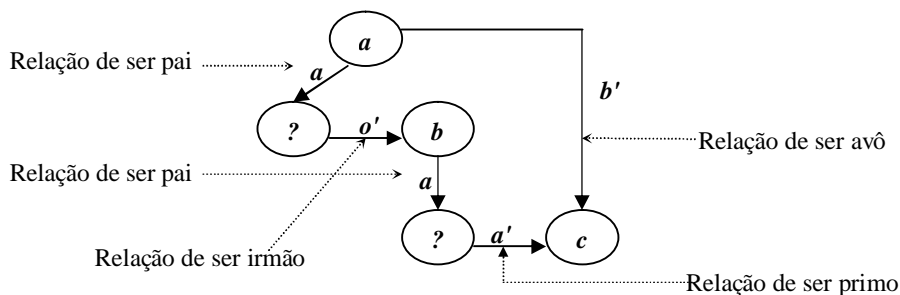


Figura 4.12 – Ilustração de relações de parentesco

Essas operações constituem um agrupamento multiplicativo, isomorfo ao grupamento co-unívoco das classes (grupamento III). Essas relações podem ser compostas entre si por adições simples tal como $(a \downarrow^a b) + (b \downarrow^a c) = (a \downarrow^b c)$, o que significa que se a é o pai de b , e b é o pai de c , então a é o avô de c .

De modo geral, se \downarrow^g denota uma relação assimétrica qualquer de nível a, b, c , etc., e $\downarrow^{g'}$ denota outra relação qualquer também assimétrica e de nível a, b, c , etc., tem-se, então, que: $(a \downarrow^g b) + (b \downarrow^{g'} c) = (a \downarrow^{g+g'} c)$ e $(a \downarrow^g b) + (b \uparrow^{g'} c) = (a \downarrow^{g-g'} c)$.

Quanto às relações simétricas, elas constituirão o produto: $(c \downarrow^{a...g} a) \bullet (b \downarrow^{a...g} c) = (a \xleftarrow{a...m} b)$ onde $m = g$. Assim são obtidas as relações análogas às conhecidas no grupamento VI, sendo que algumas delas são mostradas a seguir, considerando que:

- $a \xleftarrow{a'} b = a$ é o irmão de b ;
- $a \xleftarrow{a'} b = a$ é o primo de b ;
- $a \xleftarrow{b'} b = a$ é o primo em primeiro grau de b ;
- $a \xleftarrow{a} b = a$ é filho do mesmo pai que b ;
- $a \xleftarrow{b} b = a$ é o neto do mesmo avô que b ;
- $a \xleftarrow{c} b = a$ é o bisneto do mesmo avô que b ;
- $a \downarrow^a b = a$ é o pai de b ;
- $a \downarrow^b b = a$ é o avô de b ;
- $a \downarrow^c b = a$ é o bisavô de b ;
- $a \uparrow^a b = a$ é o filho de b ;
- $a \uparrow^b b = a$ é o neto de b ;
- $a \uparrow^c b = a$ é o bisneto de b .

Então tem-se que:

- $(c \downarrow^a a) \bullet (b \uparrow^a c) = (a \xleftarrow{a} b) = a$ é filho do mesmo pai que b ;
- $(c \downarrow^b a) \bullet (b \uparrow^b c) = (a \xleftarrow{b} b) = a$ é o neto do mesmo avô que b ;
- $(c \downarrow^c a) \bullet (b \uparrow^c c) = (a \xleftarrow{c} b) = a$ é o bisneto do mesmo avô que b ;

Aplicando-se as leis do grupamento VI, tem-se, no caso de relações simétricas primárias ou secundárias⁶⁹:

$$(a \xleftarrow{m} b) + (b \xleftarrow{m'} c) = \begin{cases} (a \xleftarrow{m} c) & \text{se } m > m' \\ (a \xleftarrow{m'} c) & \text{se } m' > m \end{cases}$$

$$(a \xleftarrow{m} b) + (b \xleftarrow{m'} c) = \begin{cases} (a \xleftarrow{m} c) & \text{se } m = m' \text{ e ambos são primários} \\ (a \xleftarrow{p} c) & \text{se } m = m' \text{ e ambos são secundários} \end{cases}$$

A relação p significa, neste último caso, a primeira relação primária superior a $m'(\xleftarrow{a'} + \xleftarrow{a'} = b)$, visto que, quando duas alteridades positivas são do mesmo nível, seu produto é a equivalência de nível imediatamente superior. Multiplicando-se as relações simétricas e assimétricas, têm-se, entre outras:

- $a \xleftarrow{a'} \downarrow^a b = a$ é o irmão do pai de b , portanto, tio de b ;
- $a \xleftarrow{a'} \downarrow^a b = a$ é o primo do pai de b ;
- $a \xleftarrow{b'} \downarrow^a b = a$ é o primo em segundo grau do pai de b ;
- $a \downarrow^a \xleftarrow{a'} b = a$ é o pai do primo de b ;

⁶⁹ As relações m e m' podem ser primária ou secundárias.

- $a \downarrow^b \xleftarrow{a'} b = a$ é o avô do primo de b ;
- $a \uparrow^a \xleftarrow{o'} b = a$ é o filho do irmão de b , portanto, sobrinho de b ;
- $a \uparrow^a \xleftarrow{a'} b = a$ é o filho do primo b ;
- $a \xleftarrow{a'} \uparrow^a b = a$ é o primo do filho b .

As multiplicações deste grupamento não são comutativas. Exemplo: $\xleftarrow{m} \downarrow^g \neq \downarrow^g \xleftarrow{m}$, ou seja, a relação a é o irmão do pai de b é diferente da relação a é pai do irmão de b .

Além disso, é necessário considerar as seguintes regras de generalização: $(a \xleftarrow{m} \downarrow^g b) = (a \downarrow^g \xleftarrow{mg} b)$ ou $(a \xleftarrow{m} \downarrow^g b) = (b \xleftarrow{mg} \uparrow^g a)$, onde \xleftarrow{m} denota duas relações simétricas primárias ou secundárias; \downarrow^g denota uma relação qualquer de nível $a, b, c \dots$; e \xleftarrow{mg} denota uma relação resultante de um quadro de correspondências determinadas por $(c \downarrow^{a..g} a) \bullet (b \downarrow^{a..g} c) = (a \xleftarrow{a..m} b)$ ⁷⁰.

A multiplicação constitutiva deste grupamento, sendo ela co-unívoca e não biunívoca, tem como expressões gerais dadas por $(a \xleftarrow{m} \downarrow^g b) = (b \uparrow^g \xleftarrow{m} a)$, no caso do exemplo em que a é o irmão do pai de b e b é o filho do irmão de a ; e $(a \downarrow^g \xleftarrow{m} b) = (b \xleftarrow{m} \uparrow^g a)$, no caso o exemplo em que a é o pai do primo de b e b é o primo do filho de a .

Por exemplo $(a \xleftarrow{o'} \downarrow^a b) = (b \uparrow^a \xleftarrow{o'} a)$ cujo significado é o seguinte: para a primeira parte da expressão $(a \xleftarrow{o'} \downarrow^a b)$, a é o irmão do pai de b , ou seja, tio de b ; para a segunda parte da expressão $(b \uparrow^a \xleftarrow{o'} a)$, b é o filho do irmão de a , ou seja, sobrinho de a , o que quer dizer a mesma coisa. Do mesmo modo, em $(a \xleftarrow{a'} \downarrow^b b) = (b \uparrow^b \xleftarrow{a'} a)$, a parte $(a \xleftarrow{a'} \downarrow^b b)$ significa que a é o primo do avô de b , ou seja, a é tio-avô de b ; a parte $(b \uparrow^b \xleftarrow{a'} a)$ significa que b é o neto do primo de a , ou seja, b é sobrinho neto de a , o que também quer dizer a mesma coisa.

Antes de concluir a sistematização sobre este grupamento, é preciso fazer um comentário. Trata-se do fato de que, em ambas as versões de “Ensaio de Lógica Operatória”, a traduzida (PIAGET, 1976) e a original (PIAGET, 1972), são apresentadas outras transformações possíveis para este grupamento e regras de composição para tal, que não constam deste texto. Isto porque o estudo feito a respeito delas, particularmente nas páginas 158 a 161 da versão traduzida, que correspondem às páginas 160 a 163 da versão original, detectou alguns problemas. Ao aplicar algumas das regras ali constantes, não se chega a algumas das conclusões correspondentes. Ao que tudo indica, são erros de notação.

Optou-se, portanto, por não apresentá-las aqui, visto que se concluiu que as providências cabíveis para proceder a esta correção exigiriam uma verificação muito cuidadosa. Considerando que o principal objetivo deste capítulo era o de sistematizar o mecanismo operatório dos grupamentos lógico-matemáticos para a partir daí inferir sobre os

⁷⁰ Ver quadro exemplificando as correspondências co-unívocas mostrado em Piaget (1976, p. 155).

grupamentos de valores, a ausência dessas transformações não implica perdas muito significativas, visto que a dinâmica em si, deste grupamento, foi compreendida.

De modo geral, as operações no grupamento VII são aquelas baseadas nas propriedades fundamentais 1 a 5 (Seção 4.3.3), que podem ser enunciadas especificamente para o grupamento multiplicação co-unívoca das relações, e são as seguintes:

a) Propriedade derivada GVII.1: operação direta ou composição

A adição de uma relação assimétrica consiste na adição simples dessas relações: $(a \downarrow^a b) + (b \downarrow^{a'} c) = (a \downarrow^{a+a'} c)$. Então, generalizando-se, se \downarrow^g denota uma relação assimétrica qualquer de nível a, b, c , etc., e $\downarrow^{g'}$ denota outra relação assimétrica qualquer também de nível a, b, c , etc., tem-se que: $(a \downarrow^g b) + (b \downarrow^{g'} c) = (a \downarrow^{g+g'} c)$.

Tem-se também:

- A adição das relações simétricas constitui o produto $(c \downarrow^a a) \bullet (b \uparrow^a c) = (a \leftarrow^a b)$, significando que a é o filho do mesmo pai que c . Então, generalizando, tem-se que $(c \downarrow^{a \dots g} a) \bullet (b \downarrow^{a \dots g} c) = (a \leftarrow^{a \dots m} b)$ onde $m = g$.
- A multiplicação das relações simétricas e assimétricas: $a \leftarrow^{o'} b \rightarrow \downarrow^a b$, onde a é o irmão do pai de b , portanto, tio de b . Generalizando, tem-se que $(a \leftarrow^m b) \rightarrow \downarrow^g b = (a \downarrow^g \leftarrow^{mg} b)$ ou $(a \leftarrow^m b) \rightarrow \downarrow^g b = (b \leftarrow^{mg} \uparrow^g a)$.
- A adição de relações simétricas e assimétricas: $a \leftarrow^{o'} b \rightarrow \downarrow^a b$, significando que a é o irmão do pai de b , logo o tio de b . Generalizando, têm-se $a \leftarrow^m b \rightarrow \downarrow^g b$.
- A adição das relações assimétricas e simétricas: $a \downarrow^a \leftarrow^{a'} b$, significando que a é o pai do primo de b . Generalizando, tem-se $a \downarrow^a \leftarrow^m b$.

b) Propriedade derivada GVII.2: operação inversa

Consiste na operação feita na ordem contrária, ou seja, se $a \leftarrow^a b$, então será $b \leftarrow^a a$. Mais especificamente, pode-se exemplificar a inversão como: sendo $a \leftarrow^{o'} b \rightarrow \downarrow^a b$ significando que a é o irmão do pai de b , portanto, tio de b , sua inversa é dada por $a \uparrow^a \leftarrow^{o'} b$, ou seja, a é o filho do irmão de b , portanto, sobrinho de b . No caso de $a \downarrow^a \leftarrow^{a'} b$ significando que a é o pai do primo de b , sua inversa é $a \leftarrow^{a'} \uparrow^a b$, significando que a é o primo do filho b .

c) Propriedade derivada GVII.3: operação idêntica geral

Consiste em abstrair relações $(a \downarrow^g b)$ da relação considerada como um todo. Em outros termos, abstrair uma série de relações $(a \downarrow^g b)$ dela mesma consiste em suprimir as relações entre esses termos, embora os conservando a título de termos de qualquer outra relação possível: $(a \downarrow^g b) : (a \downarrow^g b) = (a \downarrow^o b)$.

d) Propriedade derivada GVII.4: idênticas especiais

As idênticas especiais são a tautologia e a reabsorção. Quanto à tautologia, $(a \downarrow^a b) \bullet (a \downarrow^a b) = (a \downarrow^a b)$ para as relações assimétricas e $(a \leftarrow^a b) \bullet$

$(a \xleftarrow{a} b) = (a \xrightarrow{a} b)$ para as relações simétricas. Quanto à reabsorção, $(a \downarrow^a b) \bullet (a \downarrow^b b) = (a \downarrow^b b)$ para as relações assimétricas e $(a \xleftarrow{a} b) \bullet (a \xrightarrow{b} b) = (a \xrightarrow{b} b)$ para as relações simétricas.

e) Propriedade derivada GVII.5: associatividade

A função específica da associatividade neste grupamento é atingir o mesmo ponto de chegada por caminhos diferentes (com voltas maiores ou menores). Um exemplo de associatividade, dado por Piaget, é o seguinte: considerando que $(\alpha) = (a \xleftarrow{o'} \downarrow^b b)$, que $(\beta) = (b \xleftarrow{a'} \downarrow^c c_1)$, e que $(\chi) = (c_1 \xleftarrow{b'} \downarrow^d c_2)$, e em se comondo $(\alpha \bullet \beta)$ ⁷¹ à parte, depois $(\alpha \bullet \beta)$ com (χ) , ou então (α) à parte e $(\beta \bullet \chi)$ de outro lado, o mesmo produto final $(a \xleftarrow{o'} \downarrow^i c_2)$ será encontrado, mas por caminhos diferentes, visto que $(\alpha \bullet \beta)$ resulta em $(a \xleftarrow{o'} \downarrow^e c_1)$ e $(\beta \bullet \chi)$ resulta em $(b \xleftarrow{a'} \downarrow^g c)$. Entretanto, a primeira destas duas expressões multiplicada por (χ) resulta no mesmo produto que a segunda, multiplicada por (α) (PIAGET, 1976, p. 161).

4.5.4 Grupamento VIII: multiplicação biunívoca das relações

O grupamento multiplicação biunívoca das relações (multiplicação biunívoca das relações e as relações de equivalência multiplicativa - correspondências biunívocas) engloba as operações com as tabelas de duas ou mais entradas, aplicadas às relações simétricas e assimétricas. Pode-se ter, por exemplo, em uma das entradas da tabela uma seriação e na outra um sistema de relações (ou outra seriação). A principal função deste grupamento é realizar a operação de correspondência biunívoca⁷² e a operação recíproca.

De modo geral, pode-se caracterizar a correspondência biunívoca e recíproca como uma multiplicação lógica entre uma série de diferenças e uma série de equivalências. No caso deste grupamento VIII, a correspondência baseia-se em uma equivalência de qualidades. Uma correspondência biunívoca entre dois conjuntos garante sua igualdade numérica fazendo corresponder um elemento qualquer de um, a um elemento qualquer de outro, independentemente de toda qualidade, o que equivale a fazer desses elementos “unidades” e deste modo colocar as partes em relação sem passar pelo todo.

Um exemplo deste grupamento, dado por Piaget (PIAGET, 1976, p. 162-163), propõe considerar a distribuição simultânea de objetos tendo-se apenas informações sobre peso e volume. No caso do peso, poder-se-ão efetuar estimativas baseadas em fatos perceptíveis, tais como peso igual, maior ou menor. No caso do volume, mergulhando os objetos em água, pode-se julgar, novamente, volume maior, menor ou igual.

Uma vez que todas as comparações de peso e volume são efetuadas aos pares, será possível seriar os objetos conforme uma seqüência de relações assimétricas que expressem as diferenças de peso e volume. Além disso, é possível seriar objetos segundo seqüências de

⁷¹ Onde \bullet é a notação para a multiplicação no sentido piagetiano.

⁷² Uma correspondência biunívoca entre dois conjuntos é aquela correspondência injetora e sobrejetora, ou seja, quando a cada elemento do primeiro conjunto corresponde um elemento do segundo e reciprocamente.

relações assimétricas transitivas que expressam as diferenças de pesos ($a \xrightarrow{a} a_1 \xrightarrow{a'} a_2 \xrightarrow{b'} a_3$) e se pode construir uma seqüência semelhante para volumes. Podem-se também, estabelecer equivalências qualitativas ($a \xleftarrow{a} b$) ou ($a \xleftarrow{b} b$) de acordo com os pesos e volumes constatados como iguais.

No entanto, não se têm mecanismos para igualar as diferenças ($\xrightarrow{a} = \xrightarrow{a'} = \xrightarrow{b'} = \dots$), ou seja, para construir uma unidade métrica ($\xrightarrow{a} = a$), a exemplo de $b = 2a$, $c = 3a$, etc. Não é possível, também, graduar as diferenças conforme uma certa ordem, crescente ($\xrightarrow{a} < \xrightarrow{a'} < \xrightarrow{b'}$)... ou decrescente ($\xrightarrow{a} > \xrightarrow{a'} > \xrightarrow{b'}$). O que há de disponível para realizar tais operações são apenas as relações intensivas fundamentadas a partir do encaixe de diferenças positivas ou nulas entre os objetos.

Ora, para se comparar todos os objetos tanto no ponto de vista do volume quanto do peso, será necessário construir uma tabela de dupla entrada combinando as diferenças e equivalências existentes. Uma figura contendo a relação peso crescente *versus* volume crescente (Figura 4.13) ilustra uma matriz de retângulos onde cada linha representa uma seqüência de objetos de mesmo volume, mas de peso crescente, e cada coluna uma seqüência de objetos de mesmo peso, mas de volume crescente. Assim, podem-se associar estes objetos por um duplo sistema de relações assimétricas que expressam ao mesmo tempo as diferenças de peso e volume, onde cada retângulo corresponde a uma classe singular, ou seja, aquela que possui um único elemento.

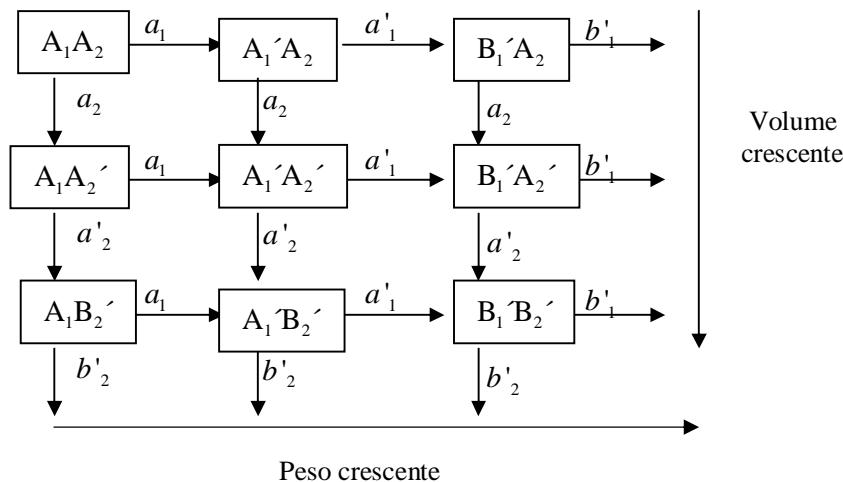


Figura 4.13 - Seriação de peso e volume adaptado de (PIAGET, 1976, p. 163)

Para ilustrar este grupamento, Piaget propõe o seguinte exemplo⁷³. Supondo-se que não existam objetos com mesmo peso e volume, mas podendo existir equivalência qualitativa referente a outra qualidade. Neste caso, os objetos de peso equivalente são seriados segundo o volume, e os objetos de volume equivalente são seriados segundo o peso. Pode-se, então, denominar A_1 uma classe de objetos de mesmo peso; de A'_1 uma classe de objetos também

⁷³ Optou-se por adotar a mesma notação utilizada por Piaget, visto que, se empregada a notação utilizada neste trabalho, este mesmo exemplo ficaria demasiado extenso para ser ilustrado.

de mesmo peso, só que mais pesados do que A_1 ; B_1' uma classe de objetos mais pesados, mas de volume igual entre eles, e assim sucessivamente. Pode-se denominar $A_2; A_2'; B_2'$, etc., classes de objetos de volume crescente em se comparando as classes entre si, mas de volume igual em cada classe. Através destas classes, pode-se elaborar uma tabela de dupla entrada, onde cada interseção $A_1A_2; A_1'A_2, A_1A_2'$, etc., será constituída por uma classe singular.

Este grupamento reúne três tipos de operações, que consideram: 1) encadeamentos múltiplos, 2) correspondências biunívocas e equivalências multiplicativas e 3) multiplicações das séries. Essas operações são apresentadas a seguir:

- 1) *Encadeamentos Múltiplos*: Pelos encadeamentos pode-se comparar qualquer elemento de uma tabela de dupla entrada (tripla, etc.) a qualquer outro. No caso da Ilustração 4.13 (seriação de peso/volume), do ponto de vista das diferenças de peso e volume. Por exemplo, escolhendo dois termos, a e b , na Figura 4.13, por exemplo $A_1'A_2$ e $B_1'A_2$, que diferem entre si por seu peso segundo uma diferença $(a \xrightarrow{a_1} b)$. A relação $(\xrightarrow{a_1})$ resulta (como no grupamento V, da adição das diferenças) no acúmulo das diferenças $\xrightarrow{a_1} + \xrightarrow{a_1} = \xrightarrow{a_1}$. Sejam b e c de mesmo peso, mas diferindo por seu volume de uma relação \downarrow^{a_2} , por exemplo $B_1'A_2$ e $B_1'A_2'$, podem-se compor estas duas relações: $(a \xrightarrow{a_1} b) \bullet (b \downarrow^{a_2} c) = (a \xrightarrow{a_1} \downarrow^{a_2} c)$. Ou seja, se a é mais leve do que b de uma diferença $(\xrightarrow{a_1})$, embora tenha mesmo volume, e se b tem o mesmo peso que b_1 , mas é menos volumoso (\downarrow^{a_2}) , então b_1 é ao mesmo tempo mais pesado e mais volumoso do que a , segundo as diferenças $(\xrightarrow{a_1})$ e (\downarrow^{a_2}) .

A multiplicação biunívoca apresenta comutatividade quando as relações seguem itinerários diferentes, mas correspondentes. Isto simplifica bastante as composições deste grupamento em o comparando com o anterior.

- 2) *Correspondências biunívocas e equivalências multiplicativas*: Em uma tabela de dupla entrada, cada linha corresponde biunivocamente à seguinte, e cada coluna vertical à seguinte. Cada termo é equivalente a seu correspondente do ponto de vista de uma das relações consideradas. Por exemplo, A_1A_2 equivalente a A_1A_2' do ponto de vista de A_1 , significando que ambos têm o mesmo peso $\xleftarrow{a_1}$. Se os objetos fossem todos diferentes do ponto de vista de uma mesma qualidade, não poderia haver tabela de dupla entrada, visto que formariam uma série única, e não seria possível multiplicar duas séries, uma pela outra. É assim que este grupamento constitui um conjunto de multiplicações entre relações assimétricas que caracterizam duas ou mais diferenças distintas (como no caso do peso e do volume). Ele exprime, também, uma série de multiplicações entre relações assimétricas de diferenças ordenadas, e de relações simétricas de correspondências biunívocas e recíprocas, ou seja, de equivalências. Note-se que estas diferenças e equivalências referem-se sempre a uma só e mesma qualidade.

Se $\xrightarrow{a_1}, \xrightarrow{a_1'}, \xrightarrow{b'}$, na Figura 4.13, são diferenças progressivas de peso entre os objetos, $A_1A_2, A_1'A_2, B_1'A_2$ essas mesmas diferenças são encontradas em $A_1A_2', A_1'A_2', B_1'A_2'$, e existem entre os objetos correspondentes A_1A_2, A_1A_2' e

A_1B_2' relações de equivalência, o que representa a correspondência biunívoca e recíproca. Essas equivalências exprimem a igualdade inicial entre os pesos \leftarrow^o , igualdade entre valores maiores que os iniciais, \leftarrow^a , igualdade entre valores ainda maiores aos precedentes, \leftarrow^b , etc.

- 3) *Multiplicação das séries*: A multiplicação de duas seqüências (por exemplo, peso e volume) constitui uma tabela de dupla entrada. Multiplicando esta tabela por uma terceira (cor), pode-se construir uma tabela de entrada tríplice e assim sucessivamente.

As operações possíveis referentes à multiplicação das séries sobre os encadeamentos múltiplos e sobre as correspondências biunívocas e equivalências multiplicativas não são tratadas neste trabalho pelo mesmo motivo argumentado com relação ao grupamento precedente.

De modo geral, as operações no grupamento VIII são aquelas baseadas nas propriedades fundamentais 1 a 5 (Seção 4.3.3), que podem ser enunciadas especificamente para o grupamento multiplicação co-unívoca das relações, e são as seguintes:

a) Propriedade derivada GVIII.1: operação direta ou composição

Considerando o exemplo ilustrado pela Figura 4.13, a multiplicação das relações de peso \leftarrow^{a_1} , $\leftarrow^{a'_1}$ \rightarrow $\leftarrow^{b'_1}$, simbolizadas em forma geral por $\leftarrow^{a_1 \dots z_1}$, pelas relações de volume \downarrow^{a_2} , $\downarrow^{a'_2}$, $\downarrow^{b'_2}$, simbolizadas em forma geral por $\downarrow^{a_2 \dots z_2}$, tem-se que a multiplicação (interseção das operações peso e volume) dessas relações é expressa por: $\left(\leftarrow^{a_1 \dots z_1}\right) \bullet \left(\downarrow^{a_2 \dots z_2}\right) \equiv \left(\leftarrow^{a_1 \dots z_1}\right) \downarrow^{a_2 \dots z_2}$. Esta fórmula resume o conjunto das relações detalhadas no exemplo.

b) Propriedade derivada GVIII.2: operação inversa

Em relações de dupla ou mais entradas, como aquelas entre peso e volume ilustradas na Figura 4.13, pode-se, para analisar essas relações, fixá-las individualmente. No caso do exemplo, significa desconsiderar a “qualidade” volume, deixando-a fixa, quando se está analisando as alterações de peso. Analogamente, após seriados os objetos segundo o peso, pode-se fixá-lo, e considerar somente o volume. Um exemplo de expressão simbólica usando a notação de Piaget, dada nesta propriedade, é a seguinte: $\left(\leftarrow^{a_1 \dots z_1}\right) \downarrow^{a_2 \dots z_2} : \left(\downarrow^{a_2 \dots z_2}\right) = \left(\leftarrow^{a_1 \dots z_1}\right)$, significando que o volume é fixo e se está analisando o peso; $\left(\leftarrow^{a_1 \dots z_1}\right) \downarrow^{a_2 \dots z_2} : \left(\leftarrow^{a_1 \dots z_1}\right) = \left(\downarrow^{a_2 \dots z_2}\right)$, significando que o peso é fixo e se está analisando o volume. Se, depois de seriados os objetos segundo o volume (ou o peso), se desconsideram essas diferenças (volume ou peso), têm-se os próprios objetos, independentemente de suas diferenças (\leftarrow^o), ou seja, $\left(\downarrow^{a_2 \dots z_2}\right) : \left(\downarrow^{a_2 \dots z_2}\right) = \left(\downarrow^o\right)$ ou $\left(\leftarrow^{a_1 \dots z_1}\right) : \left(\leftarrow^{a_1 \dots z_1}\right) = \left(\leftarrow^o\right)$.

c) Propriedade derivada GVIII.3: operação idêntica geral

A operação idêntica geral é a ausência de relação, ou seja, $\left(\leftarrow^{a_1 \dots z_1}\right) \bullet \left(\leftarrow^o\right) = \left(\leftarrow^{a_1 \dots z_1}\right)$ e $\left(\downarrow^{a_2 \dots z_2}\right) \bullet \left(\downarrow^o\right) = \left(\downarrow^{a_2 \dots z_2}\right)$.

d) Propriedade derivada GVIII.4: idênticas especiais

As idênticas especiais são a tautologia e a reabsorção.

A tautologia: $(\leftarrow^{a_1 \dots z_1}) \bullet (\leftarrow^{a_1 \dots z_1}) = (\leftarrow^{a_1 \dots z_1})$ e $(\downarrow^{a_2 \dots z_2}) \bullet (\downarrow^{a_2 \dots z_2}) = (\downarrow^{a_2 \dots z_2})$.

A reabsorção: quando $p > q$ $(\leftarrow^{a_1 \dots p} \rightarrow \downarrow^{a_2 \dots z_2}) \bullet (\leftarrow^{a_1 \dots q} \rightarrow \downarrow^{a_2 \dots z_2}) = (\leftarrow^{a_1 \dots p} \rightarrow \downarrow^{a_2 \dots z_2})$ e $(\leftarrow^{a_1 \dots z_1} \rightarrow \downarrow^{a_2 \dots p}) \bullet (\leftarrow^{a_1 \dots z_1} \rightarrow \downarrow^{a_2 \dots q}) = (\leftarrow^{a_1 \dots z_1} \rightarrow \downarrow^{a_2 \dots p})$. No entanto, quando $q > p$ $(\leftarrow^{a_1 \dots p} \rightarrow \downarrow^{a_2 \dots z_2}) \bullet (\leftarrow^{a_1 \dots q} \rightarrow \downarrow^{a_2 \dots z_2}) = (\leftarrow^{a_1 \dots q} \rightarrow \downarrow^{a_2 \dots z_2})$ e $(\leftarrow^{a_1 \dots z_1} \rightarrow \downarrow^{a_2 \dots p}) \bullet (\leftarrow^{a_1 \dots z_1} \rightarrow \downarrow^{a_2 \dots q}) = (\leftarrow^{a_1 \dots z_1} \rightarrow \downarrow^{a_2 \dots q})$.

e) Propriedade derivada GVIII.5: associatividade

Considerando que a associatividade segue as mesmas regras dos grupamentos das classes, pode-se dizer que ela é geral entre termos de sinais iguais ou entre termos de sinais misturados que não contenham idênticas especiais. No entanto, havendo sinais misturados não há associatividade quando um mesmo termo desempenha simultaneamente o papel de idêntica especial e um outro papel diferente.

Por exemplo, seja v o volume fixo e seja a_i as diferenças de pesos, a associatividade deste grupamento, em relação às diferenças de pesos, é descrita para uma linha horizontal qualquer, como $a_0 \xrightarrow{a_1} (a_1 \xrightarrow{a'_1} a_2 \xrightarrow{b'_2} a_3) = (a_0 \xrightarrow{a_1} a_1 \xrightarrow{a'_1} a_2) \xrightarrow{b'_2} a_3$. No caso de mudar de volume para peso, tem-se $b_0 \downarrow^{a_2} (b_1 \downarrow^{a'_2} b_2 \downarrow^{b'_2}) = (b_0 \downarrow^{a_2} b_1 \downarrow^{a'_2}) b_2 \downarrow^{b'_2}$. Note-se que esta representação está em notação horizontal que representa a primeira coluna ilustrada pela Figura 4.13.

5 Agentes computacionais

O objetivo deste capítulo é apresentar alguns dos principais conceitos relativos a agentes computacionais, sendo que alguns deles são os mais importantes no contexto do presente trabalho, particularmente para os experimentos relatados nos capítulos sete e oito.

Este capítulo está organizado em três partes. A primeira, que compõe a Seção 5.1, posiciona o presente trabalho no contexto da Inteligência Artificial Construtivista e Inteligência Artificial Distribuída. A segunda, que compõe a Seção 5.2, apresenta alguns conceitos relativos a agentes computacionais do ponto de vista individual. A última parte, que constitui a Seção 5.3, se diferencia da anterior porque apresenta conceitos referentes à agentes computacionais do ponto de vista social. Em especial esta seção inclui uma discussão sobre a cooperação entre agentes computacionais.

5.1 Inteligência artificial construtivista e inteligência artificial distribuída

O termo Inteligência Artificial Construtivista (IAC) foi utilizado pela primeira vez por Gary Drescher (DRESCHER, 1991) para referir-se ao trabalho em IA que utiliza a Epistemologia Genética (EG) como fonte de modelos para o estudo da cognição.

Um dos pontos fortes desta abordagem é que a EG, além de apresentar uma teoria para o desenvolvimento cognitivo completo do indivíduo, incluindo desde seu nascimento até a fase adulta (conforme discutido no capítulo dois), apresenta uma abordagem algébrica às estruturas cognitivas, o que facilita o trabalho do pesquisador da IA.

A proposta geral da IAC é analisar a teoria de Piaget implementando para ela modelos computacionais visando verificar, através de experimentos, a viabilidade das estruturas e processos que especifica, em mecanismos de processamento de informações (COSTA, 1994). As principais aplicações da IAC têm sido a simulação de processos e estruturas psicológicas, a construção de ambientes de suporte à cooperação e à simulação de processos e estruturas sociais (COSTA, 2003).

Pode-se dizer com Rocha Costa, que a IAC é uma abordagem ao trabalho da IA, ou seja, tendo como fundamentação teórica o trabalho de Piaget e seus colaboradores, aborda os temas abordados pela IA. Dentre eles, destacam-se aqueles relativos à Inteligência Artificial Distribuída.

A Inteligência Artificial Distribuída (IAD) é uma subárea da IA, e também da IAC, que visa investigar aspectos pertinentes à computação distribuída em sistemas de IA, e mais especificamente os modelos de conhecimento, as técnicas de comunicação e raciocínio necessários para que agentes computacionais convivam em sociedades compostas por computadores e pessoas (JENNINGS, 1996). A grande área de pesquisa da IAD é a dos *Sistemas Multiagente* (SM).

O objetivo de longo prazo dos SM é consistir na dimensão computacional de uma ciência da interação dedicada a prover mecanismos de análise e síntese de sistemas destinados a esclarecer as questões ligadas à interação (quem interage com quem, quando, sobre o que, como e por que) (SICHMAN, 2005).

Os SM são compostos por entidades computacionais denominadas agentes, dotados de capacidade e objetivos individuais. Esses agentes podem se agrupar em sociedade e trabalhar em conjunto visando atingir um objetivo comum (YEPES; BARONE, 2003).

É neste contexto que se insere o presente trabalho. Trata-se de uma pesquisa ligada à IAC cujo enfoque são os SM pertencentes à IAD, e, em especial, àqueles em que estão em jogo agentes computacionais cooperativos (ACC). A Figura 5.1 apresentada a seguir ilustra este contexto. Em seguida, os agentes computacionais são apresentados através de uma perspectiva individual.

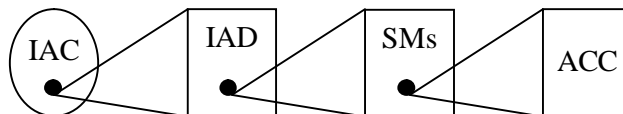


Figura 5.1 - Áreas nas quais este trabalho está situado

5.2 Agentes computacionais: perspectiva individual

Até o momento não há unanimidade acerca do conceito de agentes computacionais. Esta dificuldade decorre do fato de que, em diferentes domínios de aplicação, os atributos associados ao conceito de agência assumem diferentes níveis de importância.

Neste trabalho, o significado do termo agente é aquele dado por Michael Wooldridge: “[...] *an agent is a computer system that is situated in some environment, and that is capable of autonomous action in the environment in order to meet its designs objectives*” (WOOLDRIDGE, 1999, p. 5).

A dificuldade levantada por este significado refere-se ao conceito de *autonomia*, que também não é unânime entre a comunidade de pesquisadores. Mais recentemente, Carabelea e colaboradores (CARABELEA, et al., 2004), fizeram uma síntese e uma discussão a respeito, e que, devido à sua importância, cabe ser pontuada. Quanto à noção de *objetivo*, ele é aqui entendido como posto por Dignum e Conte, ou seja, é um estado no ambiente que o agente quer tornar verdadeiro (DIGNUM, CONTE, 1998).

5.2.1 Autonomia

Carabelea e colaboradores empregaram a metodologia *Vowels* de Demazeau⁷⁴, e propuseram a diferenciação de cinco tipos de autonomia: aquela que se refere a (A) agente, a (E) ambiente, a (I) interação, a (O) organização e a (U) usuário. Mais especificamente, para esses autores (CARABELEA, et. al., 2004):

- 1) *Autonomia (A) agente*: esta autonomia é vista como a propriedade do agente de exercer controle sobre seus comportamentos, sem que eles lhe sejam impostos, quer pelo ambiente, pelo usuário, por outros agentes ou normas. Assim, um agente é autônomo se possui e escolhe entre diversas possibilidades de comportamento.
- 2) *Autonomia (E) ambiente*: a autonomia com respeito ao ambiente refere-se ao fato de que o ambiente pode somente influenciar o comportamento de um agente, mas não impor tal comportamento.
- 3) *Autonomia (I) interação*: também denominada autonomia social, ela se refere em especial a interações em que o agente decide se aceita ou não adotar objetivo de outro agente. Portanto, a autonomia com respeito à adoção de objetivo considera que

⁷⁴ A metodologia *Vowels* é caracterizada pelo uso recursivo de Agentes, Ambientes, Interações e Organizações visando resolver problemas ou simular sistemas.

um agente X é autônomo com respeito a outro agente Y para a adoção de um objetivo O , se X pode recusar a adoção do objetivo O de Y .

- 4) *Autonomia (O) organização*: também denominada autonomia normativa, considera que um agente é autônomo com respeito a uma norma se ele pode violar esta norma.
- 5) *Autonomia (U) usuário*: este tipo de autonomia refere-se principalmente aos casos em que o agente é um assistente pessoal e, como tal, ele é autônomo com respeito ao usuário quando, nos casos em que for necessário escolher a ação a ser executada, ele pode escolhê-la sem a intervenção do usuário.

Em todas as autonomias citadas pode-se notar uma propriedade comum já apontada anteriormente por Castelfranchi (CASTEFRANCHI, 1995): sua natureza relacional; não se pode falar em autonomia sem mencionar em relação a que aspecto ela se refere. Além disso, é preciso considerar o contexto desta autonomia. Neste sentido, Carabelea e colaboradores defendem uma noção abrangente para autonomia da seguinte forma: um agente X é autônomo com respeito a Y pela propriedade p , no contexto C , se, em C , seu comportamento relativo a p não é imposto por Y (CARABELEA, et. al., 2004, p. 6).

Como frisa Castelfranchi, dificilmente alguém estaria interessado em construir agentes completamente autônomos, visto que eles seguiriam a sua própria agenda, e não serviriam a ninguém além deles mesmos. Portanto, a autonomia que se quer para eles deve ser limitada, e a definição deste limite é difícil de ser estabelecida, mesmo porque ela depende das características do ambiente onde irá interagir e do agente que se quer construir.

5.2.2 Características de um agente

Bordini, Vieira e Moreira et al. (2002) elaboraram uma lista de características objetivando mencionar aspectos importantes para a compreensão do que é um agente. Destacam que a presença mais ou menos marcante de uma ou outra dessas características, muitas vezes em decorrência do domínio da aplicação, não implica que um dado sistema computacional deixe de ser um SM. Para eles, um agente é capaz de *percepção, ação, comunicação, representação, motivação, deliberação, raciocínio e aprendizagem*, noções apresentadas a seguir:

- 1) *Percepção*: ele percebe alterações no ambiente.
- 2) *Ação*: ele atua visando a atingir seus objetivos, ou seja, a transformar o estado atual do ambiente no estado desejado por ele.
- 3) *Comunicação*: ele pode comunicar-se com outros agentes que compartilham o mesmo ambiente.
- 4) *Representação*: ele possui uma representação simbólica explícita do que acredita em relação ao ambiente e aos outros agentes que compartilham aquele ambiente.
- 5) *Motivação*: ele possui alguma representação de estados do ambiente que deseja alcançar; é assim que age sobre o ambiente visando a satisfazer estes objetivos.
- 6) *Deliberação*: ele decide dentre os estados possíveis do ambiente que podem ocorrer no futuro, quais serão aqueles que deverão ser alcançados por ele.
- 7) *Raciocínio e aprendizagem*: ele pode, opcionalmente, ser dotado de mecanismos de inteligência artificial que viabilizem seu raciocínio e aprendizagem, o que lhe confere melhoria de desempenho.

Então, para construir um SM, independentemente do domínio, essas características são mais ou menos enfatizadas e suas relações definidas. Além disso, de modo geral o que se faz é uma divisão do sistema em módulos bem como a descrição de cada um deles e de suas relações. É assim que se define uma arquitetura.

5.2.3 Arquiteturas clássicas de agentes

Dentre as arquiteturas de agentes descritas na literatura, Wooldridge e Jennings (1995, p. 17) pontuam as quatro clássicas:

- 1) *Agentes baseados em lógica*: esta arquitetura se funda na concepção de que o comportamento inteligente pode ser gerado em um sistema, quando este é representado simbolicamente. Assim, utiliza-se o formalismo lógico para definir tanto o ambiente quanto os comportamentos dos agentes. Portanto, as ações e decisões dos agentes são realizadas através de dedução lógica.
- 2) *Agentes reativos*: arquiteturas para agentes reativos visam permitir que as possíveis decisões dos agentes sejam implementadas previamente como um mapeamento direto entre a situação do ambiente e uma reação respectiva.
- 3) *Agentes com arquiteturas em camadas*: neste tipo de arquitetura, as decisões dos agentes são tomadas a partir da consideração de camadas de software, sendo que cada uma delas é responsável por ações (como comportamento, planejamento, conhecimento) por vezes, em diferentes níveis de abstração.
- 4) *Agentes baseados em crenças, desejos e intenções (belief, desire, intention – BDI)*: os componentes das arquiteturas BDI são as estruturas de dados que representam suas crenças, desejos e intenções, funções que representam suas deliberações (decisão sobre o que fazer) e mecanismos de raciocínio “meios e fins” (decisões sobre como fazer).

A arquitetura BDI interessa particularmente a este trabalho, em especial porque os requisitos piagetianos para uma arquitetura para agentes e sistemas multiagente proposto neste trabalho são apresentados e a ela relacionados no capítulo seis (Seção 6.4.4). Sendo assim, a seguir são feitas algumas considerações gerais sobre ela, principalmente a partir de Bordini et al. (2002).

5.2.3.1 Arquitetura BDI

A arquitetura BDI é baseada em um modelo de cognição fundamentado em três estados mentais principais, as crenças, os desejos e as intenções. A fundamentação teórica original para esta abordagem decorre dos trabalhos de Dennett sobre sistemas intencionais e de Bratman sobre raciocínio prático humano, que consiste basicamente em pelos menos duas grandes atividades: 1) decidir *que* estado alcançar e 2) decidir *como* alcançar este estado (RAO; GEORGEFF, 1995), (BRATMAN; POLLACK, 1988).

O funcionamento geral da arquitetura BDI é resumido a seguir e ilustrado pela Figura 5.2. As *crenças* representam aquilo que o agente sabe sobre o ambiente onde está inserido, sobre os outros agentes que porventura também ali estejam e sobre si mesmo. Em outras palavras, as crenças são as informações que o agente possui sobre o mundo. Os *desejos* representam estados em um mundo ideal que o agente gostaria de alcançar. Considerando-se

que desejos podem ser contraditórios⁷⁵ (e, portanto, essas contradições precisam ser consideradas), e a melhor maneira para assim proceder é garantir que todos os desejos sejam compatíveis entre si. As *intenções* representam as ações específicas com as quais um agente se compromete a realizar para efetivamente atingir um objetivo.

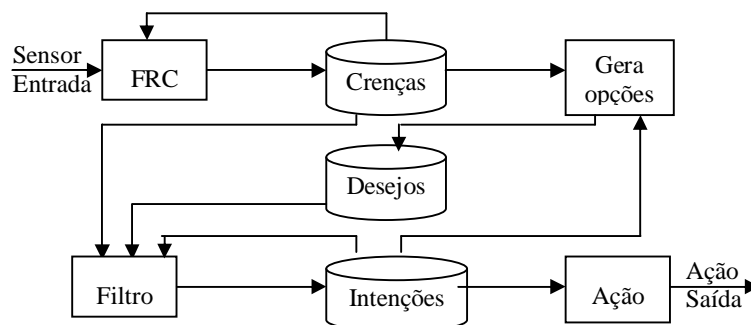


Figura 5.2 - Arquitetura BDI genérica (BORDINI, et al., 2002)

A *função de revisão de crenças*, identificada na figura pelas iniciais FRC, capta as informações provenientes do ambiente e, após proceder a uma consulta às crenças anteriores do agente, atualiza-as para que elas expressem o atual estado do ambiente. Com esta atualização, é possível que novas possibilidades fiquem disponíveis para que estados desejados sejam alcançados. A função *gera opções* verifica as alternativas de ações possíveis de serem efetuadas, levando em conta as intenções com as quais o agente está comprometido. Baseada nesta função, uma deliberação ocorre visando à escolha de alguma das novas opções com as quais o agente se comprometerá, atualizando os desejos do agente.

Uma vez definido o conhecimento e a motivação do agente, a próxima etapa é decidir que conjunto de ações deve ser realizado para alcançar os objetivos atuais do agente. A função *filtro* atualiza o conjunto de intenções do agente, com base nas crenças (atualizadas) e nas intenções já existentes. A função *ação* é responsável pela escolha da ação específica a ser realizada pelo agente em cada momento (BORDINI, et al., 2002).

Considerando que sistemas multiagente são essencialmente compostos por mais de um agente que convivem em um ambiente, é preciso que eles sejam capazes de se comunicarem entre si, especialmente quando executam operações em conjunto. Sendo assim, a comunicação entre agentes é abordada a seguir.

5.2.4 Comunicação entre agentes

Uma parte importante na proposta de sistemas com dois ou mais agentes é que eles podem funcionar realizando ações coordenadas apoiadas em interações. A comunicação é a base para as interações e organizações sociais, além de contribuir para viabilizar operações importantes em sistemas multiagente, a exemplo da cooperação (MAGÁLY, 2004). É por este motivo que a comunicação através de uma linguagem comum exerce um papel importante nesses sistemas.

Os estudos relativos à comunicação entre agentes são inspirados em trabalhos tradicionais da linguagem humana, dentre eles, a teoria dos atos de fala de Austin (1962). Esta

⁷⁵ Por exemplo, uma inconsistência pode ser do tipo crença-intenção, situação na qual o agente tem a intenção de realizar uma interação X acreditando que não irá realizá-la. Outro exemplo é a incompletude crença-intenção, situação em que o agente tem a intenção de alcançar X sem acreditar que X efetivamente tenha fundamento.

teoria concebe que existem sentenças que não podem ser analisadas apenas em termos de condições de verdade ou falsidade.

É o caso de uma sentença judicial que, dada por alguém que não um juiz, perde o devido efeito. É o caso também de promessas e de perguntas que dependem da intenção efetiva do falante. Existem outros enunciados com propriedades similares, como, por exemplo, requisições, sugestões, respostas. Assim, sentenças que não podem ser interpretadas apenas como verdadeiras ou falsas são denominadas *performativas*.

A principal premissa nessa teoria é que um enunciado consiste de dois componentes: o conteúdo semântico e a intenção do falante e, portanto, um mesmo conteúdo semântico pode estar presente em diferentes *situações comunicativas*⁷⁶. A caracterização da diferença entre a emissão de uma expressão, a intenção do falante, e o efeito no mundo é denominada, na teoria dos *atos de fala*, como locução, ilocução e perlocução. A *locução* é o enunciado emitido pelo falante através de um meio como fala e escrita. A *ilocução* é a intenção do falante. A *perlocução* é a ação resultante ou efeito da locução. Portanto, diferentes expressões têm diferentes efeitos para os agentes.

Em geral a comunicação é o intercâmbio intencional de informação que se dá mediante a emissão e recepção de sinais que pertencem a um sistema convencional em sistemas multiagente. A comunicação entre agentes nesses sistemas pode ocorrer basicamente por duas maneiras: a comunicação indireta e a comunicação direta.

A comunicação indireta ocorre quando os agentes se comunicam sem se conhecerem mutuamente, através do envio e recebimento de informações, conforme características pré-definidas. Exemplo deste tipo de comunicação são aquelas baseadas em quadro negro⁷⁷.

A comunicação direta ocorre quando os agentes se conhecem uns aos outros e trocam informações através de mensagens. Neste modo, a comunicação pode ocorrer via canal de comunicação direta ou via correio.

Objetivando viabilizar que a comunicação entre agentes ocorra confiável e eficientemente, surgiram os conceitos de Linguagem de Comunicação entre Agentes (LCA) e de Protocolos de Interação (PI) (HIRATA, et al., 2005).

As LCAs procuram garantir que as mensagens trocadas possam ser entendidas e interpretadas por todos os agentes envolvidos. Elas fornecem uma estrutura que permite a troca de conhecimento e não apenas de dados. Para isso, elas estabelecem uma sintaxe que define os campos que a mensagem deve possuir e a estrutura que deve obedecer. Além da sintaxe, elas definem uma semântica (o que as informações representam) e uma pragmática (como as informações devem ser interpretadas), associando, desta maneira, um significado para cada mensagem. Dentre as LCAs propostas, uma se destaca: a KQML (*Knowledge Query and Manipulation Language*).

A KQML é uma LCA baseada na teoria dos atos de fala. O objetivo da KQML foi o de desenvolver um padrão para interações e interoperabilidade de sistemas multiagente. É uma

⁷⁶ Um exemplo dado por Bordini, Vieira e Moreira (2002) envolve a noção de energia para um robô em uma missão em Marte, através das seguintes cinco proposições: 1) a energia foi obtida (asserção); 2) a energia foi obtida? (pergunta); 3) obtenha energia (ordem); 4) eu quero que a energia seja obtida (desejo) e 5) se a energia for obtida, eu realizarei a missão (intenção).

⁷⁷ Um quadro negro é uma memória de compartilhamento global onde existe uma quantidade de informações e conhecimento usados para leitura e escrita pelos agentes.

linguagem versátil que viabiliza a comunicação entre vários agentes através de um conjunto de primitivas reservadas (as performativas⁷⁸).

A KQML é dividida em três camadas: a de *conteúdo*, a de *mensagem* e a de *comunicação*. A camada de conteúdo possui a mensagem e pode conter qualquer representação de linguagem. A camada de mensagem codifica uma mensagem de uma aplicação para outra. Esta mensagem pode ser de dois tipos: *content* ou *declaration*. O primeiro tipo faz uma descrição do conhecimento que está representado na camada de conteúdo. O segundo tipo é utilizado para anunciar a presença de um agente no ambiente, ou fornecer uma descrição da informação que o agente enviará ou receberá. A camada de comunicação viabiliza as trocas de pacotes de mensagens. Esses pacotes são como invólucros da mensagem e especificam alguns atributos da comunicação a exemplo da identificação do emissor e do receptor (MONTESCO, 2001).

Por sua vez, os *protocolos de interação* (PI), também denominados protocolos de comunicação, são responsáveis por gerenciar as trocas de mensagens de uma conversa. Uma *conversa* é um conjunto de mensagens trocadas entre agentes com a finalidade de alcançar um objetivo. O emprego de protocolos de interação aumenta o desempenho da comunicação, uma vez que permite o estabelecimento de objetivos e tarefas em comum, o que contribui para reduzir possíveis conflitos.

Existem algumas propostas para a especificação de PIs, e uma das mais recentes, inclusive recomendada pela FIPA (*Foundation for Intelligent Physical Agents*) tem se tornado um padrão para a representação desses protocolos. Trata-se da AUML, que é uma adaptação da técnica de modelagem de orientação a objetos UML (*Unified Modeling Language*). Ela estabelece diagramas para representar os PIs. No entanto, não existe ainda alguma sintaxe que torne essas informações manipuláveis computacionalmente (HIRATA, et al., 2005).

Os PIs geralmente obedecem a certos padrões de interação, dentre eles, a cooperação. Esses padrões de interação são viabilizados porque existem dois ou mais agentes componentes de sistema, ou seja, há efetivamente um sistema multiagente. Esses sistemas contemplam, portanto, não apenas a dimensão individual de cada agente, conforme discutido desde o início desta seção, mas também a dimensão social. É esta a perspectiva abordada a seguir.

5.3 Agentes computacionais: perspectiva social

Uma das principais motivações que tem contribuído para o contínuo crescimento de estudos e pesquisas na área de agentes computacionais é sua característica de distribuição. Isto porque, quando dois ou mais agentes se agrupam, eles podem realizar atividades com maior eficiência e eficácia porque o problema que devem resolver, geralmente de grande escala, pode ser decomposto e distribuído entre eles. Além disso, os agentes podem apresentar especializações, o que denota diversidade de habilidade e conhecimento.

Este agrupamento de agentes pode, contudo, acontecer de diversas maneiras, com enfoques também diferenciados. Em linhas gerais, as características de grupos de agentes, vistos enquanto conjuntos, sistemas, é que interessam à perspectiva social, discutida nesta seção, a começar pela organização desses agentes.

⁷⁸ Algumas das performativas são as seguintes: *ask-if*, *ask-one*, *ask-all*, *stream-all*, *eos*, *tell*, *untell*, *deny*, *insert*, *uninsert*, *delete-one*, *delete-all*, *undelete*, *achieve*, *unachieved*, *advertive*, *unadvertive*.

5.3.1 Organizações multiagente

Implícita ou explicitamente, todos os sistemas multiagente apresentam alguma forma de organização, ou seja, uma coleção de regras, relacionamentos e estruturas que governam comportamentos de larga escala. A organização pode influenciar nos relacionamentos de autoridade, fluxo de dados, alocação de recursos, padrões de coordenação ou quaisquer outras características do sistema. Todas as abordagens têm diferentes características que podem ser mais ou menos suscetíveis a alguns problemas.

Bryan Horling e Victor Lesser (2004) reuniram em um artigo as principais organizações utilizadas em sistemas multiagente: hierarquias, holarquias, coalizões, equipes, congregações, sociedades, federações e matrizes organizacionais. Suas principais características são apresentadas a seguir.

5.3.1.1 Hierarquias

Nas organizações hierárquicas, os agentes são arranjados em estruturas do tipo árvore. Em hierarquia de dois níveis, as ações dos agentes do segundo nível são completamente definidas pelos agentes do primeiro nível, que possuem uma visão global das informações existentes. Múltiplos níveis apresentam estruturas complexas e, de modo geral, cada nível atua como um filtro, transferindo decisões para níveis superiores na hierarquia somente quando necessário.

Organizações hierárquicas permitem melhor controlar e tratar ações e decisões, aumentando o paralelismo que pode ser explorado, visto que há menos chances de que os dados distraiam os agentes, fazendo-os ter uma visão mais coerente das informações referentes a cada decisão.

A eficiência deste tipo de organização deriva especialmente da abordagem “dividir e conquistar”, o que permite ao sistema empregar grandes grupos de agentes e resolver problemas de grande escala mais eficientemente.

O uso de hierarquia pode levar a uma organização muito rígida ou fragmentária, propensa a pequenas falhas com conseqüências globais. Podem ocorrer sobrecargas se os agentes e os recursos são limitados e consumidos como resultado de alto grau de conectividade. Uma estrutura muito alta pode reduzir a performance do sistema devido a “esperas” ocorridas na passagem de informação através de muitos níveis.

5.3.1.2 Holarquias

O termo “*holon*” foi empregado por Arthur Koestler em seu livro “The Ghost in the Machine” (KOESTLER, 1967). Nessa obra ele trabalhou com aninhamentos de sistemas. Por exemplo, o universo é composto por um número de galáxias, que são compostas por um número de sistemas solares e assim por diante, todos subdivididos até partículas subatômicas. Cada grupamento nestes sistemas tem um caráter derivado mas distinto das entidades que pertencem ao grupo. Ao mesmo tempo, este mesmo grupo contribui para as propriedades de um ou mais grupos hierarquicamente abaixo dele. A estrutura de cada um desses agrupamentos é uma unidade básica de organização que pode ser percebida ao longo do sistema. Koestler chamou estas unidades de *holons*, da palavra grega *holon* significando “todo” e “parte”.

Exemplo de holarquia é a organização de uma empresa. Empresas são constituídas por divisões, divisões são formadas por grupos de trabalho, e grupos de trabalhos são compostos

por indivíduos. Indivíduos podem ser vistos como um “*holon*” que faz parte de uma holarquia (ou organização holônica) maior. A característica que define uma holarquia é o *holon* parcialmente autônomo. Dentro da hierarquia, normalmente a cadeia de comando sobe, mas *holons* individuais definem como realizar as tarefas que lhes cabem, uma vez que eles são o *locus* relevante do conhecimento.

Considerando que quem solicita um trabalho não precisa saber exatamente como ele foi feito, o *holon* tem maior poder de flexibilidade quanto a escolhas de comportamentos, o que pode habilitá-lo a coordenar tarefas complementares ou contraditórias. Isto pode reduzir o fardo de conhecimento do solicitante.

Um dos desafios desta abordagem é como selecionar agentes adequados para residir dentro de um *holon* individual. Outro desafio é fazer previsões sobre o desempenho do sistema como um todo.

5.3.1.3 Coalisões

Em geral, coalizões são organizações constituídas especificamente direcionadas a determinados objetivos e caracterizam-se por sua curta durabilidade: elas são formadas com um propósito e se dissolvem quando não for mais necessária sua existência. Podem ser constituídas por populações de agentes cooperativos ou de interesses próprios.

Dentro de uma coalizão, a estrutura organizacional geralmente é plana (não hierárquica), embora possa haver um determinado agente que atue representando ou intermediando o grupo. Sobreposição de coalizões são possíveis e, nesses casos, os agentes devem coordenar suas atividades de maneira apropriada para os propósitos de cada coalizão.

A principal motivação quanto à formação de coalizões é a noção de que se agrega “força” na constituição de grupos. Esta idéia é proveniente de agregações humanas, tais como grupos de compras, cooperativas, associações, etc., onde há vantagem em uniões com mesmos objetivos. Por exemplo, pode-se adquirir um produto com melhor preço (ou outra característica) se ele for pedido por vários indivíduos.

A complexidade de tarefas de formação de coalizão depende das condições sobre as quais as coalizões existirão. Além disso, podem ocorrer problemas quanto à sobreposição de coalizões, formas de recompensas, conflitos referentes a interesse pessoal do agente e problemas relativos à confiança.

Um processo tradicional de formação de coalizão inicia com o emprego do conhecimento local para selecionar um subconjunto de parceiros candidatos que apresentam atributos desejáveis (capacidades) e vontade de cooperar. Estes candidatos são selecionados até escolher satisfatoriamente um grupo (ou a lista de candidatos se exaurir). Os agentes decidem quais coalizões aceitam participar considerando as vantagens das mesmas. Não há garantias sobre a qualidade da coalizão.

5.3.1.4 Equipes

Uma equipe de agentes consiste de uma quantidade de agentes cooperativos que concordam em trabalhar juntos em um objetivo comum. As equipes tentam maximizar sua utilidade conjunta, ao invés de tentar maximizar a utilidade individual como nas coalizões. Existem mecanismos para que os agentes coordenem suas ações individuais de maneira consistente com relação aos objetivos da equipe.

Uma das vantagens de uma equipe de trabalho é que, agindo em conjunto, o grupo de agentes pode resolver mais problemas do que qualquer agente individualmente seria capaz. Outro benefício é a habilidade dos membros da equipe em raciocinar explicitamente através das ramificações de interações entre agentes que possibilita à equipe a flexibilidade necessária para trabalhar em ambientes incertos. A desvantagem desta junção mais intensa (coesão) é o aumento da comunicação.

A formação de equipes envolve três principais desafios: 1) determinar como os agentes serão alocados para resolver problemas, 2) a manutenção de consistência entre os agentes durante a resolução, e 3) a revisão da equipe à medida que muda o ambiente ou a população de agentes.

Tradicionalmente, a equipe pode ser formada através de técnicas como redes de contrato ou intermediários. Uma vez encontrada uma quantidade satisfatória de agentes, suas capacidades e responsabilidades devem ser analisadas considerando as necessidades dos objetivos. É preciso definir como os agentes raciocinarão sobre compromissos conjuntos e objetivos compartilhados. Agentes podem fazer parte de diferentes tarefas. Falhas podem ser detectadas, e potencialmente resolvidas por uma apropriada substituição de papéis, ou até mesmo o abandono da tarefa.

5.3.1.5 Congregações

De modo similar às coalizões e equipes, congregações de agentes são grupos de indivíduos que se reúnem para obter benefícios adicionais. Elas são formadas entre agentes com características similares ou complementares para facilitar o processo de encontro de possíveis colaboradores. Tanto que a congregação é considerada estável se ela contém somente membros afins. A inspiração das congregações provém de estruturas humanas como clubes, grupos de suporte, departamentos acadêmicos, grupos religiosos, entre outros.

Agentes podem entrar ou sair dinamicamente de uma congregação existente, embora deva haver um número estável de participantes para que ela seja útil. A utilidade de uma congregação é determinada pelas capacidades de seus membros. Assim, a opção por ingressar em uma congregação depende de quão útil ela é para o agente.

Embora congregações possam teoricamente partilhar de muitos dos benefícios das coalizões, sua principal função tem sido a de facilitar a descoberta de agentes parceiros restringindo o tamanho da população que deve ser pesquisada. O problema desta estratégia é que o conjunto limitado pode ser restritivo e não conter agentes ótimos, o que pode levar a selecionar determinados recursos infinitamente.

Como nas coalizões, a formação de congregações envolve selecionar ou criar um grupo apropriado de agentes para trabalhar em conjunto, mas, diferentemente delas, as congregações são mais dirigidas ideologicamente e por capacidade. Como geralmente não há um objetivo ou tarefa específica para uni-los, eles devem primeiro definir como esses grupos podem ser diferenciados.

5.3.1.6 Sociedades

Ao contrário de alguns outros paradigmas, sociedades de agentes são sistemas inerentemente abertos que perduram por mais tempo. Diferentes agentes entram e saem da sociedade enquanto ela existe, e ali se reúnem e interagem e o construto social provê um domínio comum no qual eles podem agir e se comunicar. Um exemplo clássico é o mercado

eletrônico onde compradores e vendedores se esforçam para maximizar sua utilidade individual. Dentro da sociedade, agentes podem estar engajados em outras organizações, ou serem completamente não relacionados.

As sociedades impõem ao comportamento dos agentes um conjunto de obrigações denominadas “leis sociais” ou “normas” visando facilitar a convivência entre eles. Podem também existir penalidades ou sanções a fim de obrigar o cumprimento dessas leis. Isso não requer implementações internas dos agentes, apenas descrevem as características observáveis externamente, pretendidas ou esperadas dos participantes e do ambiente.

Existem dois problemas principais na formação de sociedades. O primeiro é definir as regras, protocolos e leis sociais que fundamentam a sociedade. O segundo é determinar como os agentes podem se juntar e nela conviver. Sendo um sistema aberto e flexível, sua estrutura deve ser codificada de maneira que os membros potenciais possam analisá-la e definir interesses e compatibilidades.

Devido à sua flexibilidade, uma complexidade adicional pode estar associada a organizações sociais, considerando sistemas legais sofisticados, mecanismos de comunicação, ontologias, serviços de manipulação de exceção, entre outros, que podem ser parte de um modelo de sociedade.

5.3.1.7 Federações

Federações ou sistemas federados são organizações onde todos os agentes compartilham características comuns de um grupo. Dentre eles existe um que representa o grupo, denominado delegado, facilitador, mediador ou *broker*. Ele pode agir como um tradutor, como monitor, responsável pela alocação de tarefas, entre outras coisas. São as capacidades do mediador que diferenciam uma federação de outro tipo organizacional. Agentes mediadores armazenam representações de todas as partes relacionadas, reduzindo sua complexidade individual pela existência de uma camada de abstração. Esta capacidade pode ser explorada para arbitrar conflitos.

Membros do grupo interagem somente com este agente, que atua como um intermediário entre o grupo e o mundo, geralmente empregando alguma linguagem declarativa. O mediador pode acessar tanto as habilidades dos agentes federados quanto as descrições de solicitações de serviços que a eles são encaminhadas.

5.3.1.8 Matriz Organizacional

Matrizes organizacionais apresentam alguns aspectos semelhantes aos da organização hierárquica e, em especial, ambas são baseadas em estruturas tipo árvore. Porém, enquanto nas organizações hierárquicas os agentes prestam contas a um único administrador que os provê com objetivos, informações, etc., nas matrizes organizacionais existem muitos administradores influenciando nas atividades dos agentes.

Uma matriz organizacional facilita a visão e/ou percepção dos participantes com relação aos papéis que cada um desempenha. Por exemplo, pode-se colocar agentes administradores em linhas, e um grupo de agentes “trabalhadores” a eles associados, em colunas. Semelhantemente a árvores de hierarquias, a matriz oferece uma maneira gráfica para descrever quais administradores podem influenciar as atividade de quais agentes. É assim que as capacidades dos agentes podem ser divididas, e os comportamentos dos agentes influenciados em benefício de todos.

Geralmente, agentes individuais são organizados em grupos que apresentam uma determinada capacidade. Os grupos ficam sob o controle de um agente que lhes atribui as tarefas solicitadas que lhes dizem respeito; é a seu respectivo administrador que o grupo presta contas.

Se uma habilidade particular é necessária para duas tarefas distintas, um ou mais agentes podem ser usados para executá-las. É por isso que, para operar eficientemente, o agente deve ter um mecanismo para priorizar compromissos e autonomia suficiente para resolver conflitos locais, ou a habilidade para enviar conflitos para um nível mais alto onde eles possam ser resolvidos.

5.3.1.9 Combinação de Organizações

Nem todas as estruturas organizacionais se ajustam nitidamente dentro de categorias específicas, e algumas arquiteturas podem incluir características de diversos tipos organizacionais diferentes. Um sistema pode ter uma organização para controle, outra para fluxo de dados e uma terceira para busca de informações, e assim por diante. Alguns dos tipos organizacionais apresentados são mais suscetíveis de coexistir do que outros. Por exemplo, sociedades podem facilmente ser vistas como um agrupamento natural de agentes para que outras organizações possam ser constituídas.

O intercâmbio entre organizações pode levar a conseqüências inesperadas. Por exemplo, se um determinado intermediário no sistema federativo possui um papel importante em uma outra organização, ele pode estar impossibilitado de cumprir ambos os papéis adequadamente (o problema clássico de sobreposição de papéis). Podem existir situações onde não esteja clara a prioridade entre dois objetivos.

Uma síntese sobre os nove tipos de organização de agentes computacionais discutidos nesta seção é apresentada na Tabela 5.1, mostrada a seguir. Em seguida, são aprofundadas questões relativas à sociedades de agentes através de uma abordagem mais específica do que aquela apresentada na Seção 5.3.1.6.

Tabela 5.1 - Síntese sobre os nove tipos de organização de agentes computacionais

Tipo de Organização	Característica Principal	Aplicações	Formação	Limites
Hierárquica	Os agentes são arranjados em árvores.	Problemas de decomposição natural.	Geralmente, redes de contrato.	Pode gerar organizações rígidas ou fragmentadas, sobrecargas.
Holarquias	Unidades (<i>holons</i>) funcionais parcialmente autônomas.	Negócios, manufaturas e sistemas de empreendimentos.	Clusters holônicos individuais.	Dificuldade na definição de <i>holons</i> .
Coalizões	Trabalho é feito por grupos especializados.	Problemas em que a união faz a força.	Conforme atributos requeridos para a solução do problema.	Dinâmicas de formação de coalizões, formas de recompensa e conflitos de interesses.

Equipes	Agentes cooperativos.	Problemas que exigem coesão.	Redes de contrato ou intermediários.	Aumento de comunicação.
Congregações	Facilidade na descoberta de agentes membros.	Problemas que exigem grupos de agentes afins.	Os agentes são arranjados ideologicamente e por capacidade.	A formação pode ser restrita e não conter agentes ótimos.
Sociedades	São sistemas abertos e normativos.	Geralmente, simulações sociais.	Por inserção intencional.	Complexidade.
Federações	Adequado para grupos de agentes heterogêneos; baixo índice de comunicação.	Manufaturas.	Por aceite de convite para integrar uma dada federação.	Possível “gargalo” de atividades do agente mediador.
Matriz Organizacional	Múltiplas linhas de autoridade; compartilhamento de recursos.	Sistemas de informação; sistemas de alocação de recursos.	Geralmente por habilidades solicitadas pelos administradores.	O compartilhamento é um ponto potencial para contendas.
Combinação de Organizações	Adequação a características de problemas específicos.	Para problemas específicos.	Depende do tipo de composição de organização.	O intercâmbio entre organizações pode levar a conseqüências inesperadas.

5.3.2 Tipos de sociedades de agentes

O significado do termo “sociedade” no contexto de agentes computacionais é análogo ao termo usado no contexto de agentes humanos. O papel de uma sociedade é permitir que seus membros convivam em um ambiente compartilhado e nele busquem alcançar seus objetivos.

Mais especificamente do que Horling e Lesser (2004), que defendem que uma organização é dita sociedade se ela for aberta (conforme apresentado na Seção 5.3.1.6), Artikis e Pitt (2001) propuseram um conjunto de elementos que caracterizam uma sociedade:

- 1) Um conjunto de agentes.
- 2) Um conjunto de restrições.
- 3) Uma linguagem de comunicação.
- 4) Um conjunto de papéis que os agentes podem desempenhar.
- 5) Um conjunto de estados desejados em um determinado tempo.
- 6) Um conjunto de proprietários dos agentes.

Davidsson (2001) propõe um sétimo elemento: o “proprietário da sociedade”. Este autor argumenta da necessidade de uma pessoa ou organização que tenha poder para decidir qual agente pode entrar na sociedade, quais papéis lhe serão permitidos, que linguagem de comunicação deverá ser usada, bem como o conjunto de restrições sociais que deverão ser respeitadas. Esta pessoa ou organização é denominada proprietária da sociedade.

Além disso, Davidsson defende que, dependendo dos propósitos de uma sociedade, ela deve apresentar, em maior ou menor grau, as seguintes propriedades: abertura, flexibilidade,

estabilidade e confiança. São essas propriedades que definem o tipo da sociedade e, assim, ela pode ser aberta, fechada, semi-aberta ou semi-fechada.

Uma *sociedade aberta* é aquela que não apresenta restrições quanto ao ingresso de participantes. Um agente ingressa em uma sociedade aberta simplesmente pelo fato de interagir com algum dos agentes da sociedade. Um exemplo típico de sociedade aberta é a WWW: um conjunto de agentes da sociedade são os *browsers* que processam, através de um conjunto de servidores, que são conectados via Internet. Esta configuração define o conjunto de papéis: clientes ou servidores. O *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP) é a linguagem de comunicação. Os proprietários são os indivíduos que iniciam seus *browsers* e solicitam serviços, sem restrições: são abertas e flexíveis.

Uma *sociedade fechada* é aquela típica da maioria dos sistemas multiagente em que os projetistas especificam a sociedade para que resolva problemas de modo distribuído. Não é possível a um agente externo nela ingressar. A vantagem de sociedades fechadas é que é possível especificar exatamente quais agentes irão agir, por que, como, quando, etc. São estáveis e confiáveis.

Um meio termo entre estes dois tipos extremos, são as *sociedades semi-abertas* e *semi-fechadas*. Nas primeiras os agentes rodam localmente e nas segundas remotamente. Nas sociedades semi-abertas os agentes solicitam permissão para nelas ingressar, prometendo cumprir com suas restrições. É tomada uma decisão, normalmente baseada em um julgamento sobre o grau de confiabilidade deste agente, se ele pode ou não nela ingressar. Um exemplo deste tipo de sociedade é o Napster (NAPSTER), um *site* onde os usuários compartilham arquivos de música (mp3).

Para obter os arquivos, o usuário deve conectar-se ao servidor e identificar-se. Dada a autorização, o usuário pode interagir com outros usuários, bem como obter os arquivos desejados. Pode-se dizer que as sociedades semi-abertas são apenas ligeiramente limitadas em as comparando com as sociedades abertas. No entanto, ao contrário delas, oferecem estabilidade e confiança.

Nas sociedades semi-fechadas um agente externo não tem permissão de entrar diretamente. O que ele pode fazer é solicitar a criação de um novo agente (dentre os papéis possíveis) que agirá em seu nome, dentro da sociedade. Um exemplo de problema que envolve este tipo de sociedade é um sistema piloto desenvolvido na Suécia para aquisição de passagens. Nele o cliente especifica suas preferências (data da viagem, destino, preço máximo, etc.) através de um formulário via *web*. Um agente é criado para encontrar a passagem que melhor atenda às preferências do cliente. Este tipo de sociedade oferece o mesmo grau de abertura das sociedades semi-abertas, mas menor flexibilidade.

Uma síntese sobre os quatro tipos de sociedade de agentes computacionais e suas respectivas formas de ingresso discutidas nesta seção é apresentada na Tabela 5.2, mostrada a seguir. Em seguida, são apresentadas quatro questões importantes no contexto da implementação de sistemas multiagente.

Tabela 5.2 - Síntese sobre as formas de ingresso nas sociedades

Tipo de sociedade	Formas de ingresso de agentes externos
Aberta	Não existem restrições quanto ao ingresso de participantes.
Fechada	Agentes externos não podem ingressar.
Semi-aberta	Agentes externos solicitam permissão para o ingresso prometendo cumprir restrições; sua aceitação ou não está baseada em um julgamento sobre o grau de confiabilidade desses agentes.

Semi-fechada	Agentes externos não têm permissão de ingressar diretamente; eles solicitam a criação de novos agentes (dentre os papéis possíveis) que agirão em seus nomes.
---------------------	---

5.3.3 Questões envolvendo agentes em ambientes multiagente

Esta seção objetiva tratar de algumas questões importantes no que tange à implementação de sistemas multiagente, em especial quanto à atuação conjunta desses agentes nesses sistemas. Estas questões, abordadas principalmente a partir de Frozza (2001) referem-se ao planejamento, conflito, negociação e coordenação, que influenciam nas ações e decisões dos agentes.

5.3.3.1 Planejamento

Planejamento é a atividade de delinear ações com vistas a um determinado objetivo. O planejamento é um dos métodos utilizados para coordenar a execução de ações. O efeito de executar uma ação acarreta na passagem de um estado do agente e ou do ambiente para um outro estado, geralmente relacionado a um determinado problema.

A especificação de um problema é feita através da definição de um conjunto de metas, de um conjunto de ações e de uma descrição do estado inicial do ambiente. O planejamento, então, visa encontrar uma seqüência de ações que acarretem a transformação do ambiente daquele estado inicial, para um estado que satisfaça ou, pelo menos, que se aproxime das metas definidas. Para isso, é necessário que o agente seja capaz de decidir qual a primeira meta a ser satisfeita e a ordem de execução de cada uma das próximas metas.

A ação ou intervenção de outros agentes pode fazer com que um plano seja adiado ou desfeito. É por este motivo que o agente deve ter condições de revisar constantemente seus planos alternando planejamento e execução. O planejamento pode ser de dois tipos: distribuído ou centralizado.

O planejamento é distribuído quando cada agente elabora seu próprio plano em consonância com o plano de outros agentes (especialmente no caso de agentes cooperativos). Nas situações em que os agentes desejam realizar uma meta em conjunto, cada um deles propõe um plano individual a partir de suas habilidades e objetivos. Em seguida, os agentes empregam o conjunto desses planos individuais para construir um único plano conjunto. Este plano conjunto pode ser composto por ações envolvendo três tipos possíveis de etapas: aquelas a serem feitas por um único agente, aquelas a serem feitas concorrentemente pelos agentes, e aquelas a serem feitas conjuntamente por eles.

O planejamento é centralizado quando um único agente é responsável por elaborar um plano global para a execução das ações. Neste caso conflitos podem ser evitados com bastante eficácia.

5.3.3.2 Conflito

O conflito é a situação em que os interesses de um agente são afetados pelas decisões de outros agentes. Os conflitos são denominados locais, quando envolvem um pequeno número de agentes, e globais, quando envolvem a maioria dos agentes do sistema.

Para evitar conflitos é preciso que atividades sejam coordenadas e as ações sejam executadas a partir de negociações. Alguns tipos de conflitos são os seguintes:

- 1) Conflitos de metas: ocorrem entre dois agentes quando a realização de uma meta por um agente impede o outro agente a atingir sua própria, mesmo que parcialmente.
- 2) Conflitos de informação: ocorrem entre vários agentes quando eles fornecem respostas diferentes para uma mesma informação solicitada.
- 3) Conflitos de recursos: ocorrem quando agentes utilizam os mesmos recursos cuja quantidade é insuficiente para permitir que eles atinjam suas metas, total ou parcialmente.

5.3.3.3 Negociação

A negociação é uma técnica empregada que visa contribuir para a solução de conflitos entre agentes em sistemas através do estabelecimento de acordos sobre a maneira pela qual eles devem trabalhar em conjunto.

A negociação é caracterizada por um número pequeno de agentes que dela participam, e de um número também pequeno de ações a exemplo de propor, avaliar, modificar, aceitar ou recusar uma solução.

Quando apenas duas partes negociam, a negociação é denominada bilateral. Quando mais de duas partes negociam simultaneamente, ela é denominada multilateral. Estas partes podem ser representadas por agentes em um processo de negociação. O processo de negociação pode ser dividido em três partes:

- 1) Como gerar propostas durante um processo de negociação.
- 2) Como representar os interesses dos agentes.
- 3) Como desenvolver um protocolo de negociação.

Pode-se considerar que o processo para alcançar uma situação desejável por dois ou mais agentes está relacionado à atividade de coordenação. A negociação pode fazer parte de um algoritmo de coordenação de agente que implementa, por exemplo, um mecanismo de contrato para que um agente solucione um problema para outro. Assim, além de ordenar as atividades dos agentes na solução de problemas, este processo é responsável também pela transmissão de resultados intermediários para o algoritmo de coordenação.

5.3.3.4 Coordenação

Coordenação é a ação de gerenciar dependências entre atividades, que podem surgir e ou aumentar, em consequência de atividades sendo executadas em um mesmo ambiente. Este gerenciamento é entendido como a organização, estruturação e ordenação das ações dos agentes. Ela se torna necessária por quatro razões principais:

- 1) Agentes precisam de informações e resultados que dependem de outros agentes que lhes forneçam e realizem.
- 2) Os recursos necessários para o alcance de metas são limitados, podendo causar conflitos de acesso, colisões, ações contraditórias, entre outras.
- 3) Os custos devem ser otimizados, através da eliminação de ações inúteis e redundância de ações.
- 4) Agentes que possuem objetivos distintos, porém dependentes uns dos outros, devem ser capazes de satisfazer seus objetivos.

Os principais problemas que precisam ser solucionados e que estão diretamente ligados à coordenação de ações em ambientes multiagente são basicamente três. O primeiro diz respeito à capacidade de detectar conflitos. O segundo é a identificação de quais agentes um agente pode ou deve coordenar suas ações. O terceiro é identificar o momento de realizar ações coordenadas.

A coordenação pode estar atrelada ao planejamento e à solução de conflitos, e pode ocorrer empregando ou não comunicação. Sendo assim, é possível tratá-la sob duas abordagens exclusivas: através de um sistema que determine e planeje globalmente todas as ações dos diferentes agentes, ou capacitando os agentes com relação à sua autonomia, de maneira que eles mesmos sejam responsáveis por identificar e resolver conflitos localmente.

O desafio em implementar um mecanismo de coordenação de ações é sua adequação com relação a custos e benefícios. Uma coordenação ineficiente se manifesta especialmente nas seguintes situações:

- 1) Quando há agentes obtendo resultados já produzidos por outros agentes.
- 2) Quando há transmissão de informações desnecessariamente.
- 3) Quando há execução de trabalho desnecessário.

Por outro lado, um mecanismo de coordenação eficiente é aquele que, inicialmente, é capaz de determinar se existem agentes com a intenção de executar as mesmas atividades. Reconhecida esta situação, um diálogo entre esses agentes precisa ser viabilizado. A partir da análise de desempenho e flexibilidade dos agentes, este mecanismo deve viabilizar que se possa decidir sobre quais atividades devem ser feitas por quais agentes e em qual seqüência.

Uma síntese sobre os conceitos das quatro questões importantes em sistemas multiagente discutidos nesta seção é apresentada na Tabela 5.3, mostrada a seguir. Em seguida um dos temas de maior importância ao presente trabalho é apresentado e discutido: a cooperação entre agentes computacionais.

Tabela 5.3 - Síntese sobre questões freqüentes em sistemas multiagente

Questão	Conceito
Planejamento	É o delineamento de ações com vistas a um determinado objetivo.
Conflito	É a situação em que os interesses de um agente são afetados pelas decisões de outros agentes.
Negociação	É o mecanismo através do qual são estabelecidos acordos sobre a maneira com que agentes devem agir.
Coordenação	É a organização, estruturação e ordenação de ações individuais de agentes em um ambiente.

5.3.4 Cooperação entre agentes

É comum conceber a cooperação como uma das atividades que diferencia os sistemas multiagente de outras disciplinas como computação distribuída, sistemas orientados a objetos e sistemas especialistas. No entanto, em sistemas multiagente, este é um conceito (além de outros associados) cujo significado ainda está em debate pela comunidade de pesquisadores da área. Algumas das questões que suscitam discussões são (DORAN, et al., 1996):

- 1) O que é cooperação e quais são seus limites?
- 2) Como a cooperação está relacionada a conceitos como comunicação, coordenação e negociação?

- 3) Quais são as implicações da cooperação? Ela sempre é benéfica, ou os custos associados conduzem a efeitos adversos?
- 4) Como a autonomia, o interesse próprio, a benevolência, afetam estratégias de cooperação?
- 5) Deve a cooperação ser motivada *a priori* ou pode emergir ou envolver relacionamentos sociais complexos?
- 6) A cooperação pode ser descrita somente a partir de estados mentais dos agentes (crenças, desejos, etc.), ou somente pelo exame de suas ações (sem considerar seu estado interno) ou é necessário uma combinação de ambos?
- 7) Quais são os mecanismos chave e estruturas que conduzem à cooperação e permitem que ela se sustente, e até que ponto estes mecanismos e estruturas são necessários?

Visando debater estas e outras questões, Jim Doran, Stan Franklin, Nicolas Jennings e Tim Norman se reuniram em 23 de outubro de 1996. A síntese das discussões realizadas, que continuam atuais, consta em Doran et al. (1996). Alguns dos principais posicionamentos são apresentados a seguir.

Para Franklin, um sistema multiagente é independente se cada agente possui sua própria agenda independentemente da agenda dos demais. Ele é discreto se é independente e se as agendas dos agentes não possuem relações entre si. Sistemas discretos não envolvem cooperação. Entretanto, agentes podem cooperar com a intenção de fazer algo. Mas se os agentes estão realizando suas próprias atividades individuais, do ponto de vista externo, eles até podem aparentar estarem trabalhando em conjunto, mas, do ponto de vista interno do agente, eles não estão.

Para Doran, a cooperação é uma propriedade das ações dos agentes envolvidos. Então, em um sistema em que pode ser atribuído um ou mais objetivos a agentes, a cooperação ocorre quando as ações de cada um deles satisfazem qualquer uma ou ambas as seguintes condições: os agentes têm um objetivo em comum, que nenhum agente pode realizar isoladamente, e suas ações tendem a alcançar aquele objetivo, e os agentes executam ações que os habilitam não só a alcançar os próprios objetivos, mas também os objetivos de outros agentes. Para Doran, os processos que viabilizam a cooperação provêm das seguintes fontes distintas:

- 1) *Explicitamente pelo projeto*: o projetista do agente deliberadamente define os comportamentos dos agentes ou regras para que várias instâncias da cooperação ocorram.
- 2) *Por adaptação*: o projetista garante que durante o tempo de vida dos agentes, a tendência a cooperar seja desenvolvida ou aumentada (o grupo aprende a cooperar).
- 3) *Por evolução*: o projetista define que os processos que promovem a cooperação sejam selecionados pelos agentes através de processos evolucionários.

Outra questão apontada por Doran diz respeito à necessidade de uma teoria voltada a questões sobre as falhas possíveis em processos cooperativos. Em especial ele destaca as seguintes situações:

- 1) Não é possível cooperar porque os agentes não são capazes.
- 2) A cooperação é possível, porém, os agentes não possuem a informação necessária para decidir quando executá-las.

- 3) A cooperação é possível e as informações estão disponíveis, mas os processos de geração da cooperação disponíveis são inadequados.
- 4) A cooperação é possível e executada pelos agentes, mas há efeitos colaterais que não são considerados por eles, o que leva à ineficiência.

Norman oferece outra concepção sobre cooperação. Para ele, muitos dos fenômenos sociais que têm sido denominados como *cooperação* não deveriam ser assim considerados. Para Norman, cooperar é agir com o outro (ou outros) com um propósito comum e para benefício comum. Porém, agir para um propósito comum é uma noção imprecisa. Um propósito para o agente é aquilo que dirige seu comportamento, e existem duas maneiras de atribuir a um agente um propósito:

- 1) O agente pode ser projetado com um conjunto de comportamentos que são definidos de tal modo que o agente procure por algum propósito; neste caso, o sistema de controle de propósito (ou objetivo) é implícito.
- 2) O agente pode ser motivado por objetivos explícitos; neste caso, ele pode empregar planos e outros processos na tomada de decisão visando orientar suas ações no sentido de alcançar esses objetivos.

Estas duas classes de agentes podem cooperar. Para isso, cada um deles deve estar motivado para agir com um mesmo propósito. Entretanto, dividir o mesmo propósito (implícito ou explícito) não é suficiente para que a cooperação ocorra.

É o caso em que duas pessoas estão pintando uma casa. Eles compartilham o mesmo propósito, mas se nenhum está atento ao outro, ou se eles estão sempre atentos, porém nenhum verifica se o outro está também pintando a casa, então eles não estão cooperando. Portanto, para Norman, há mais na cooperação do que cada participante ter o mesmo propósito, eles devem ter ambos a intenção ou agir juntos (um compromisso conjunto), e isso não é possível sem lidar com *estados internos* (DORAN, et al., 1996).

Estas concepções, posicionamentos e questões em aberto são, por si sós, motivadoras da pesquisa sobre cooperação em sistemas multiagente. E, dentre as tentativas de contribuir para solucionar esses problemas, estão, por exemplo, o *AgentLink*, o trabalho de Raimo Tuomela, e o esforço prático de diversos pesquisadores.

O propósito do *AgentLink* (AGENTLINK) é promover atividades em âmbito europeu, na pesquisa, desenvolvimento, disseminação, e desenvolvimento de tecnologias baseadas em agentes. Dentre os tópicos relacionados à cooperação, estão os protocolos de cooperação, modelos e formalismos para a cooperação, modelos teóricos de jogos e econômicos para cooperação, detecção e resolução de conflitos, coalizões e formação de coalizões.

Preocupado especialmente com a questão da ação social, o filósofo Raimo Tuomela tem publicado diversas contribuições teóricas, e, em particular, com relação à cooperação entre agentes (TUOMELA). Em um de seus livros (TUOMELA, 2000), aborda a cooperação do ponto de vista filosófico, tratando questões relativas à ação coletiva, como a simetria, as coações, os conflitos, o compartilhamento de recursos, dentre outros.

São diversos os autores que têm desenvolvido trabalhos práticos relacionados à cooperação. Por exemplo, e apenas para citar alguns, Baeg e colaboradores propõem arquiteturas para agentes cooperativos (BAEG, et al., 2005). Luck e d'Inverno discutem a relação do engajamento e da cooperação (LUCK; d'INVERNO, 1996). Werner aprofunda as relações entre comunicação e cooperação (WERNER, 1988). Ou seja, há diferentes esforços quanto à pesquisa relativa à cooperação. Optou-se por apresentar as sínteses de dois trabalhos, o de Eric Werner e o de Wooldridge e Jennings, porque ambos se tornaram clássicos da área.

5.3.4.1 A teoria de Eric Werner

Eric Werner propôs uma teoria geral para grupos de agentes dotados de competência social e comunicativa (WERNER, 1990). Ele emprega a teoria de intenções para definir os conceitos de papel social e estrutura social. Define uma teoria unificada para comunicação, intenção e estruturas sociais, e a aplica no desenvolvimento de uma teoria de cooperação social para sistemas multiagente. Alguns dos pontos principais de sua teoria são apresentados a seguir.

A questão que ele coloca inicialmente é sobre como é possível que um grupo de agentes independentes alcancem, em um ambiente distribuído, um objetivo social. Um objetivo social é um objetivo que não pode ser alcançado por um agente sozinho, ou seja, seu alcance só é possível mediante a ação de um grupo de agentes. O elemento-chave que distingue um objetivo social de outros objetivos é que ele requer a cooperação. Isto ocorre porque objetivos sociais não podem ser, em geral, decompostos em subobjetivos que podem ser alcançados de modo independente por um conjunto de agentes. Portanto, um agente não pode executar uma ação sem considerar o que outros agentes estão fazendo.

Para Werner existem dois problemas relacionados à cooperação e à coordenação em sistemas multiagente. Um deles é a comunicação, ou melhor, o papel e a natureza da comunicação na cooperação; o outro é o problema da organização que se refere à natureza e função da organização social na viabilização da cooperação. A solução possível para o problema da comunicação está entre dois pólos: proveniente daqueles que não envolvem comunicação e daqueles que envolvem mecanismos sofisticados de comunicação. No caso do segundo problema, a possível solução pode depender de uma combinação de fatores.

Com relação às informações necessárias para a cooperação, Werner a define como de três tipos: informação *processo*, informação *estado*, e informação *avaliativa*. A primeira se refere à informação sobre as intenções de um agente; ela modifica o estado intencional de um agente. A segunda é a informação sobre o estado do mundo. E a última é a informação sobre as avaliações que um agente realiza.

Em sistemas multiagente, o fato de agentes atuarem paralelamente gera o problema tradicional de projetar programas de tal maneira que os processos de cada agente sejam independentes: dois agentes não devem tentar executar a mesma ação simultaneamente. Outro problema tradicional é o caso em que um agente executa uma ação apenas se um ou mais agentes o auxiliarem. Assim, a comunicação necessária para que essas ações (e outras ações menos críticas) sejam realizadas depende do tipo de processo realizado.

No caso do primeiro problema, uma das soluções é limitar o conhecimento de uma região para outros processos. Isto faz com que a comunicação também fique limitada àquela região. No caso do segundo problema, a comunicação necessária já é mais sofisticada. Neste caso, de modo geral, um agente precisa saber das intenções de outros agentes. As intenções são formadas incrementalmente através de comunicação de informações-processo. É por este motivo que a informação-processo e os estados intencionais são componentes centrais na teoria de cooperação baseada na comunicação e estrutura social, proposta por Werner.

A ação social é efetivada através da comunicação de informações-estado e informações-processo. Informações-estado são transmitidas por atos de fala informativos. Informações-processo são transmitidas por atos de fala diretivos. O ato social, de modo abstrato, resulta da composição de estratégias de agentes.

Intuitivamente, o uso de diretivas por um agente para controlar outro pode ser visto como uma forma de enviar planos melhorados. O plano é enviado por mensagens que codificam as construções dos planos, ou genericamente, estratégias. Se o receptor entender o

significado da mensagem, interpreta a diretiva como uma estratégia parcial. Isto reduz os planos possíveis que guiam as ações dos agentes na construção de seus estados intencionais.

Informativas são uma maneira de enviar informações-estado e auxiliar algum agente a alcançar um objetivo mediante o cumprimento de pré-condições de uma ação requerida por uma estratégia, e, assim, criar habilidades estratégicas. Pode atuar também como um tipo de ato de fala indireto, onde o emissor fornece a informação que o receptor usa para deduzir o que o emissor deseja. Uma vez interpretado, o ato de fala indireto atua como uma diretiva que influencia no estado intencional do receptor.

Porém, a comunicação tem um custo. Leva tempo para construir os estados intencionais conjuntos dos agentes via comunicação. Este processo é construído sobre intenções cooperativas (aprendizagem, treinamento e programação) que são também custosas para serem repetidas sempre que a cooperação é necessária. Isso é viabilizado pela formação de estruturas sociais.

Estruturas sociais são um conjunto de papéis sociais. Um papel social é a descrição de um agente abstrato que contém informação, estado, permissões, responsabilidades e valores para os papéis dos agentes. Quando um agente assume um papel, ele internaliza aquele papel delimitando seu estado de representação.

Uma estrutura social é um conjunto de papéis sociais em um dado ambiente relativo a uma linguagem. Um grupo social é um conjunto de agentes, cada qual com um conjunto de papéis, uma linguagem comum e um ambiente. Os papéis são tais que sua composição força a definição de objetivos sociais. Portanto, um grupo social pode variar conforme cinco dimensões dinâmicas, mostradas na Figura 5.3:

- 1) O conjunto de agentes em um grupo pode variar.
- 2) Os papéis da estrutura social podem variar e, portanto, a estrutura social pode variar.
- 3) Uma vez que cada agente assume um papel, cada agente possui informações que são dependentes do tempo e do estado intencional.
- 4) Os outros papéis que um agente assume podem variar visto que a função de distribuição de papéis pode variar com o tempo.
- 5) O ambiente consiste de um mundo que varia com o tempo.

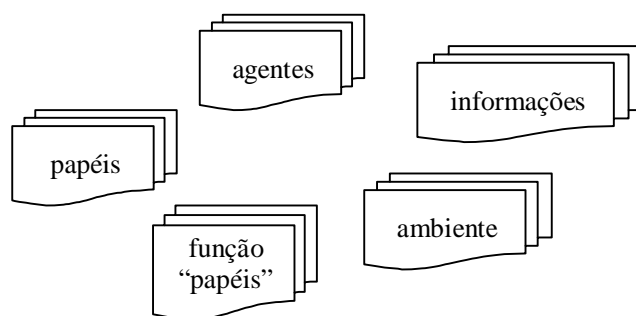


Figura 5.3 - Ilustração dos elementos variáveis na teoria de Werner

5.3.4.2 O modelo de Wooldridge e Jennings

Wooldridge e Jennings (1999) apresentam um modelo para viabilizar a cooperação entre agentes. Eles descrevem o processo desde seu início, o momento em que algum agente reconhece o potencial para cooperação, por um grupo, com respeito a um de seus objetivos.

Também caracterizam os estados mentais dos agentes que os conduzem a solicitar e tomar parte em ações cooperativas e, para isso, empregam a estrutura BDI tanto para o aspecto individual quanto para o social.

Eles conceituam cooperação como a situação em que um grupo de agentes opta por trabalhar em conjunto para alcançar um objetivo comum. Eles pontuam os seguintes requisitos e suas respectivas características como desejáveis em um sistema cooperativo:

- 1) *Agentes autônomos*: não necessariamente benevolentes (com disposição *a priori* para ajudar). Os agentes tomam parte do trabalho cooperativo porque escolhem fazer isso.
- 2) *A cooperação pode falhar*: e uma razão para isso pode ser aquela em que nenhum agente requisita a cooperação; agentes podem não tomar parte dela; pode haver discordâncias quanto às ações a serem realizadas, entre outras.
- 3) *Comunicação é essencial*: é fundamental que os mecanismos que viabilizam a comunicação entre os agentes estejam disponíveis.
- 4) *Atos comunicativos*: são caracterizados por seus efeitos e não pelas teorias ou formatos.
- 5) *São os agentes que iniciam o processo social*: a cooperação ocorre porque um grupo de agentes acredita que eles podem, de algum modo, beneficiar-se dela.
- 6) *Agentes podem dar suporte uns aos outros*: os agentes executam as suas partes na ação do grupo, e fazem o possível para garantir que os demais agentes façam o mesmo.
- 7) *Agentes são reativos*: agentes devem responder conforme as mudanças que ocorrem no ambiente e, conseqüentemente, em seus planos.

Um dos conceitos-chave no modelo dos autores é que o controle do comportamento dos agentes é feito através de intenções individuais e intenções coletivas (sociais). Eles distinguem três noções fundamentais, que são:

- 1) *A noção de compromisso*: que significa garantia, promessa e que é persistente.
- 2) *A noção de convenção*: que especifica em qual circunstância um compromisso pode ser abandonado e qual deve ser o comportamento do agente nesses casos, constituindo em síntese um conjunto de regras que avaliam a factibilidade de atingir o objetivo.
- 3) *A noção de compromisso conjunto*.

Compromissos conjuntos possuem pelo menos três características importantes. Primeiro, um compromisso conjunto é assumido por um grupo de agentes. Segundo, os compromissos conjuntos são assumidos com respeito a algum objetivo que é o estado com o qual o grupo está comprometido a fazer atingir. Terceiro, os compromissos conjuntos são assumidos relativamente a uma motivação, que justifica o compromisso. Eles também possuem uma pré-condição, que descreve o que deve inicialmente ser verdadeiro no mundo para que o compromisso seja assumido.

Wooldridge e Jennings sintetizam a proposta que fazem dividindo o processo de solução de problemas cooperativos em quatro etapas: reconhecimento, formação da equipe, formação de planos, e ação da equipe. Estas etapas são ilustradas pela Figura 5.4 e explicadas a seguir.

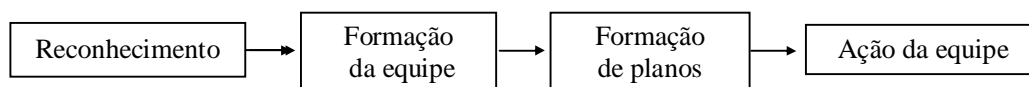


Figura 5.4 - Ilustração das quatro etapas da solução de problemas

O *reconhecimento* é a etapa em que um agente reconhece o potencial do trabalho cooperativo. As condições para este reconhecimento são as seguintes: um agente não pode alcançar um objetivo sozinho; um agente não quer alcançar um objetivo sozinho; um agente acredita que a solução será melhor se alcançada de maneira conjunta.

Para que este reconhecimento se efetive é preciso que o agente conheça as habilidades de cada um dos outros agentes. Isto requer que essas habilidades sejam de conhecimento coletivo.

A *formação da equipe* é a etapa em que o agente, tendo reconhecido o potencial para a cooperação, solicita ajuda de outros agentes que ele acredita que podem contribuir para alcançar aquele objetivo. Os agentes que respondem a esta solicitação formam um grupo e este grupo assume um compromisso com relação ao objetivo.

A etapa de formação do grupo ocorre quando um agente que acredita no potencial da cooperação com respeito a um objetivo tentará formar um grupo que ele acredita que possa conjuntamente atingi-lo. Ele acredita também que, no grupo, cada agente está comprometido individualmente com o objetivo. Porém, pode haver situações em que um agente tem suas próprias razões para participar de uma ação cooperativa e, portanto, ele pode não estar intimamente comprometido com o motivo original da chamada para cooperação. Se a formação da equipe tiver sucesso, então se efetiva o compromisso social.

A *formação de planos* é a etapa em que os agentes negociam/elaboram um plano através do qual acreditam alcançar o objetivo. Se um agente teve sucesso em formar um grupo para ajudá-lo, esses agentes passam a ter em comum um compromisso com a ação coletiva. Mas isso não significa que o grupo concorda em como fazê-lo. Daí decorre a necessidade de formação de planos.

Sendo agentes autônomos, que controlam seus próprios estados internos, eles não realizam certas ações simplesmente porque outro agente quer que eles o façam. Eles precisam concordar com a maneira com que elas serão realizadas. Este acordo é feito via negociação.

Se a etapa de formação de planos foi realizada com êxito, então o grupo terá um compromisso conjunto que os conduza a atingir o objetivo, e terão concordado com os meios com os quais isso será feito.

A *ação da equipe* é a etapa em que o plano é executado em conjunto pelos agentes que mantêm um acordo mútuo. Uma vez formado o grupo e definido o plano a ser seguido, resta agir. É necessário que o grupo tenha uma intenção conjunta e concorde com a ação. O grupo lembra de seu compromisso e acredita na sua viabilidade. Eles realizarão o plano e as ações correspondentes necessárias para tal.

Uma síntese dessas duas abordagens sobre a cooperação, a de Eric Werner e a de Wooldridge e Jennings, discutidas nesta seção, é apresentada na Tabela 5.4, mostrada a seguir. Esta tabela é reconstruída e complementada no final do próximo capítulo, após a apresentação do conjunto de requisitos piagetianos para uma arquitetura de agentes computacionais e sistemas multiagente.

Tabela 5.4 - Síntese sobre as abordagens de Eric Werner e de Wooldridge e Jennings para a cooperação entre agentes computacionais

Proposta	Conceito de Cooperação	Requisitos para cooperação	Mecanismos-chave para a cooperação
Eric Werner	Realização de objetivos sociais, que só são possíveis mediante a ação conjunta e dependente de agentes.	Comunicação.	Uma linguagem; um conjunto de agentes; uma estrutura social; uma função de distribuição de papéis; um ambiente.
Wooldridge e Jennings	A situação em que um grupo de agentes opta por trabalhar em conjunto para alcançar um objetivo comum.	Comunicação e compromisso.	reconhecimento do potencial para a cooperação; formação da equipe; formação de planos; ação da equipe.

6. Arquiteturas de Agentes Computacionais

O objetivo deste capítulo é apresentar uma visão abrangente sobre trabalhos que tratam de arquiteturas⁷⁹ que abordam temas importantes no contexto do conjunto de Requisitos Piagetianos para uma Arquitetura de Agentes Computacionais e Sistemas Multiagente, apresentado no próximo capítulo, e denominado, a título de simplificação, de *RePiarq*. Trata-se do emprego de normas, de valores, e de noções advindas da teoria piagetiana em estudos e pesquisas com agentes computacionais. Esses estudos e pesquisas são sintetizados nas próximas três seções.

6.1 Arquiteturas normativas

Arquiteturas normativas são arquiteturas nas quais estão inseridas normas e, como tal, e por isso mesmo, constituem agentes normativos. Agentes normativos são agentes cujas interações são governadas por normas; as normas prescrevem como os agentes idealmente deveriam e/ou não deveriam se comportar (BOELA, et al., 2005).

As pesquisas em sistemas multiagente utilizam diferentes definições de normas, mas existem três tipos básicos de concepções referentes a elas: normas como elementos constrangedores de comportamento, normas como fins (ou objetivos) e normas como obrigações.

Atualmente, a maioria das pesquisas concebe normas como do primeiro tipo, ou seja, constrangedoras de comportamento através de leis sociais (incluindo o *RePiarq*, discutido mais à frente neste capítulo). Alguns dos motivos que levam a utilização de normas em sistemas multiagente são porque eles contribuem para:

- 1) Evitar interferências e colisões entre agentes que agem autonomamente em um espaço comum.
- 2) Assegurar que negociações e transações sejam recíprocas.
- 3) Obter uma performance robusta entre os membros da equipe.
- 4) Evitar que agentes desistam de atividades comuns (VERHAGEN, 2005).

Castelfranchi e colaboradores (2000) apontaram que um agente normativo deve ser capaz de:

- 1) Reconhecer e entender que a norma existe na sociedade, que ela não é apenas um hábito ou uma questão pessoal, um comando ou expectativa de um ou mais agentes.
- 2) Adotar uma norma e aplicá-la em suas próprias decisões e comportamentos.
- 3) Seguir uma norma deliberadamente, mas também violá-la deliberadamente no caso de conflitos com outras normas ou, por exemplo, com objetivos pessoais mais importantes.

⁷⁹ Neste trabalho, arquitetura é compreendida como proposto por Pattie Maes (1991). Para ela, uma arquitetura propõe uma metodologia particular para construção de um agente autônomo. Ela especifica como o problema pode ser decomposto em subproblemas, isto é, como a construção do agente pode ser decomposta dentro da construção de um conjunto de módulos componentes e como estes módulos interagem entre si. O conjunto total dos módulos e suas interações oferecem respostas para a questão de como as informações sensoriais e os estados internos do agente determinam as ações e estados internos futuros do agente. Uma arquitetura abrange técnicas e algoritmos que dão suporte a esta metodologia.

Essas questões têm motivado os pesquisadores da área relativa a agentes normativos, no desenvolvimento de seus trabalhos. Dentre eles, alguns foram selecionados e são apresentados a seguir. Esta seleção decorreu principalmente da intenção de mostrar a diversidade de abordagens normativas existentes e estabelecer relações entre elas e o RePiarq.

6.1.1 O B-DOING de Dignum e colaboradores

Frank Dignum e colaboradores propuseram uma extensão do modelo BDI no qual introduziram conceitos sociais como normas e obrigações. Em Dignum et al. (2001) é apresentada, de modo amplo, a arquitetura denominada B-DOING. Este termo foi criado a partir das letras iniciais das palavras inglesas crenças, desejos, obrigações, intenções, normas e objetivos⁸⁰.

Esta arquitetura surge da crítica ao modelo BDI no sentido de que desejos são conceitos muito abstratos e, por isso mesmo, apresentam poucas propriedades lógicas, o que faz com que eles sejam elementos acoplados às crenças e intenções. Apesar de alguns autores tomarem desejos como equivalentes a objetivos, visando facilitar seu uso prático, Dignum e colaboradores defendem que os desejos devem ser tratados à parte, especialmente quando eles não são a única fonte de motivação para o agente. Ou seja, quando obrigações ou normas também estão presentes, os objetivos devem ser determinados pelo equilíbrio entre as fontes internas de motivação (desejos) e as externas (obrigações e normas).

As normas contribuem para padronizar o comportamento dos agentes em uma sociedade. Obrigações são mecanismos explícitos utilizados para influenciar o comportamento dos agentes e garantir alguma estabilidade e confiabilidade em suas interações, ao mesmo tempo que permitem alguma flexibilidade. A principal diferença entre norma e obrigação é que normas são mais abstratas e são inerentes à sociedade da qual o agente é membro. Obrigações são conseqüências de ações diretas do próprio agente e elas decorrem, de compromissos assumidos por ele com outros membros da sociedade.

A idéia geral da arquitetura B-DOING parte do princípio de que um agente típico possui desejos e os tenta satisfazer alcançando objetivos. Esses desejos, porém, devem estar em equilíbrio com as normas da sociedade à qual o agente pertence e com as obrigações que ele pode ter para com outros membros da sociedade. As normas podem ser vistas como os desejos da sociedade, e obrigações como mecanismos que visam equilibrar os desejos individuais dos agentes. Então para que um agente defina suas intenções, ele deve levar em conta seus próprios desejos, os desejos de outros agentes, e os desejos da sociedade como um todo (DIGNUM, et. al., 2002). É por isso que desejos, normas e obrigações são três fontes motivacionais para o agente.

A influência dessas fontes pode diferir entre agentes e em diferentes situações. A Figura 6.1 mostra as influências dos desejos, normas e obrigações para que um agente B-DOING defina efetivamente suas intenções. Essas influências são mostradas em dois processos, o de manutenção de objetivos, e o de manutenção de intenções.

No primeiro estágio, o processo de manutenção do objetivo é responsável pela determinação de qual dos objetivos derivados das normas, desejos e obrigações do agente é suficientemente realístico, importante e urgente, levando em conta suas crenças, para ser adotado como objetivo.

⁸⁰ B-DOING = Beliefs, Desires, Obligations, Norms and Goals.

No segundo estágio, o processo de manutenção da intenção é responsável pela determinação de quais objetivos factíveis do agente deveriam ser realizados para gerar novas intenções, e como as intenções existentes precisariam ser modificadas, devido a mudanças de crenças e objetivos. Um compromisso com objetivos significa que objetivos atuais influenciam na escolha de novos objetivos.

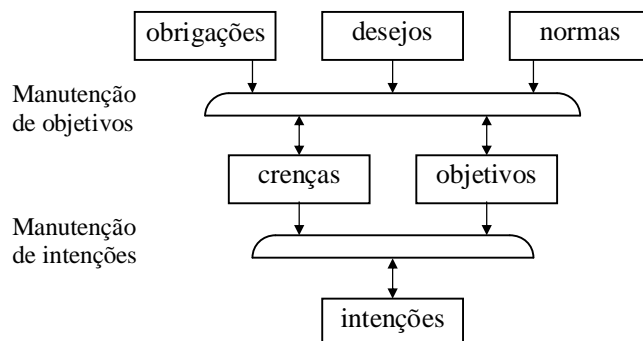


Figura 6.1 - Processos de decisão de um agente B-DOING (adaptado de DIGNUM, et al., 2001, p. 4)

Em síntese, esses autores argumentam que, no modelo BDI, objetivos e desejos deveriam ser representados. E normas e obrigações têm um papel importante na representação de influências externas no comportamento de um agente individual. Além disso, há uma relação entre elas (normas e obrigações) e motivações internas que conduzem a objetivos. Sendo assim, desejos, obrigações e normas podem ser baseadas em preferências ordenadas, que podem ser usadas para direcionar a escolha de ações futuras.

6.1.2 O BOID de Jan Broersen e colaboradores

Jan Broersen e colaboradores desenvolveram a arquitetura BOID, em que um agente é composto por pelo menos quatro componentes: suas crenças, obrigações, intenções e desejos⁸¹ (BROERSEN, et al., 2001). O problema principal tratado por esses autores não é definir como o agente deve alcançar suas metas, satisfazer seus desejos ou cumprir suas obrigações, mas decidir qual dos desejos e obrigações ele seguirá levando em conta suas crenças e intenções. Ou seja, a questão principal é solucionar os conflitos nas decisões referentes às atitudes dos agentes.

Para esses autores, *crenças* são atitudes que geram informações e *desejos* são atitudes que motivam o agente a agir. *Intenções* são utilizadas para relacionar decisões anteriores com decisões novas. *Obrigações* são componentes normativos. Uma das razões para este componente estar presente na arquitetura BOID é que, através dele, ocorre a incorporação de obrigações, regras e compromissos de agentes sociais, além de racionalidade social nos agentes. Isto porque, normalmente, as regras não são explicitamente implementadas em sistemas computacionais, visto que há um entendimento de que os programas já modelam comportamentos “ideais” que nunca violam regras. No entanto, considerando que agentes são entidades autônomas, eles as podem violar. Assim, nesta arquitetura, as obrigações são componentes vitais, tais como crenças, desejos e intenções.

De modo geral, um agente pode ser visto como uma caixa preta cujas entradas são fornecidas por sensores e as saídas são ações intencionais, executadas no ambiente por

⁸¹ BOID = Beliefs, Obligations, Intentions and Desires.

atuadores. Na arquitetura de BOID, esta configuração é mapeada para os quatro componentes dentro da arquitetura de agente, e cada componente gera uma das atitudes. Os componentes associados às atitudes podem ser implementados de maneiras diferentes. Por exemplo, a saída do componente *crenças* pode ser um novo conjunto de crenças. O componente *desejos* pode maximizar a utilidade esperada na determinação de objetivos. As *obrigações* e as *intenções* lidam com obrigações e compromissos sociais visando selecionar planos para alcançar os objetivos definidos. O comportamento de cada componente é especificado através de fórmulas lógicas proposicionais.

A resolução de conflitos está baseada em uma idéia de priorização, que é implementada na arquitetura BOID como a ordem de derivações de tipos diferentes de atitudes. Esta ordem de derivações determina o tipo do agente. Por exemplo, derivando *obrigações* antes de *desejos*, são gerados agentes super-sociais. Em geral, a ordem de derivação pode ser usada para identificar tipos diferentes de agentes.

Um ingrediente importante na arquitetura de BOID é a presença de *loops de feedback*. Através deles são mandadas crenças, obrigações, desejos e intenções (em várias fases) já derivadas como novas entradas ao BOID. Estas entradas, via *feedback*, podem ativar novas crenças, obrigações, desejos e até mesmo intenções. Por exemplo, uma obrigação de ir ajudar vizinhos pode induzir à obrigação de lhes avisar a respeito da visita. A Figura 6.2 ilustra *feedbacks* na arquitetura BOID.

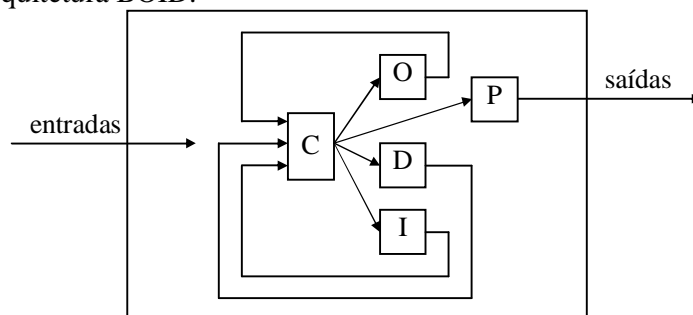


Figura 6.2 - *Feedbacks* na arquitetura BOID (adaptado de BROERSEN, et al., 2001 p. 13)

A Figura 6.2 mostra que as entradas são as informações advindas do ambiente, e as saídas são as ações que serão nele realizadas. A letra *C* indica crenças. As crenças alimentam as obrigações, representadas pela letra *O*, os desejos, representados pela letra *D*, e as intenções, representadas pela letra *I*. Obrigações, desejos e intenções, mesmo já processados pelo agente, realimentam suas crenças, produzindo novas. As crenças alimentam também os planos, representados pela letra *P*, que sintetizam as opções pelas ações a serem efetivamente executadas no ambiente.

6.1.3 A arquitetura de Castelfranchi e colaboradores

Castelfranchi e colaboradores (2000) propuseram uma arquitetura para agentes autônomos normativos a partir da concepção de que normas são úteis para sociedades e, nelas, agentes podem não apenas segui-las, mas violá-las quando necessário. Esses agentes são capazes de apresentar um comportamento deliberativo, tendo como base normas representadas explicitamente. Essas normas podem ser comunicadas, adotadas e usadas de maneira a influenciar nos objetivos os agentes.

Adotar uma norma não implica, necessariamente, segui-la. Adotar uma norma significa que o agente decide gerar objetivos e planos tendo como base sua crença de que existe uma norma e que ela diz respeito a ele. Crenças normativas geram objetivos normativos, e estes

não necessariamente se tornam intenções. Isto significa que não há garantias de que o comportamento do agente seja determinado pela norma adotada.

Normas não são simples elementos de constrangimento no comportamento ou nas decisões do agente através de regras fixadas externamente. Os objetivos e preferências do agente, suas decisões quanto a objetivos que conflitam entre si, e seus planos, devem estar baseados em suas crenças e normas. Essas últimas podem ser legais ou sociais.

Nesta concepção, normas têm alguma representação mental para os agentes. Elas atuam conjuntamente com crenças, objetivos e planos e, portanto, são capazes de contribuir na determinação do comportamento do agente. A arquitetura de um agente normativo, para Castelfranchi e colaboradores, contempla os seguintes componentes:

- 1) Administração de interações de agente.
- 2) Administração de interações do mundo.
- 3) Administração de cooperação.
- 4) Manutenção da história.
- 5) Manutenção de informações do agente.
- 6) Manutenção de informações do mundo.
- 7) Manutenção das informações da sociedade.
- 8) Tarefas específicas do agente.
- 9) Controle dos próprios processos.

Com exceção do componente “manutenção das informações da sociedade”, os demais componentes constituem uma arquitetura genérica. Este componente, no entanto, é especificamente utilizado para lidar com informações sobre a sociedade como um todo, o que inclui as normas. Elas são representadas explicitamente como um tipo de informação da sociedade. Por exemplo, as normas “ser altruísta” e “dirigir à direita”⁸² podem ser definidas e armazenadas neste componente.

Por outro lado, normas também podem ser comunicadas de um agente para outro ou para a sociedade. Neste caso, se, por exemplo, o agente *B* quer comunicar que possui a norma de que “deve dirigir à direita”, ele procede da maneira como mostrado na linha 1 do quadro mostrado pela Figura 6.3.

<p>1) <i>communicated_by(has_norm(agent_B, you_ought_to_drive_on_the_right), positive_assertion, agent_B)</i></p> <p>2) <i>if belief(reliable(A:AGENT), pos)</i> <i>and communicated_by(has_norm(self, N:NORM), positive_assertion, A:AGENT)</i> <i>then new_agent_info(has_norm(A:AGENT, N:NORM), pos)</i></p> <p>3) <i>new_agent_info(has_norm(agent_B, , you_ought_to_drive_on_the_right), pos)</i></p> <p>4) <i>new_society_info(has_norm(society1, you_ought_to_drive_on_the_right), pos)</i></p>
--

Figura 6.3 - Declaração de normas em uma sociedade de agentes normativos (adaptado de CASTELFRANCHI, et al., 2000, p. 5)

⁸² A norma “ser altruísta” é dada como: *has_norm(society1, be_altruistic)*. A norma “dirigir à direita” é dada como: *has_norm(society1, you_ought_to_drive_on_the_right)*.

Esta, e qualquer outra, comunicação é transferida para o componente “administração de interações de agente” no qual seu conteúdo é extraído. Neste exemplo, dentro do componente, a informação é identificada como vinda de um agente (e não, por exemplo, vinda da sociedade). Baseado no conhecimento mostrado na linha 2 da Figura 6.3 (onde A:AGENT e N:NORM são variáveis sobre os tipos AGENT e NORM, respectivamente), a conclusão derivada, depois da verificação de que o agente *B* é confiável, é mostrada na linha 3. Se, no entanto, o agente *B* comunica esta norma para a *sociedade1*, depois da verificação de sua confiabilidade, ela é derivada para a sociedade, como mostrado na linha 4 da Figura 6.3.

Em síntese, nesta arquitetura, o comportamento do agente decorre da geração e seleção de objetivos que têm como base crenças e normas; a partir dos objetivos selecionados, são geradas e selecionadas as ações e planos para sua execução.

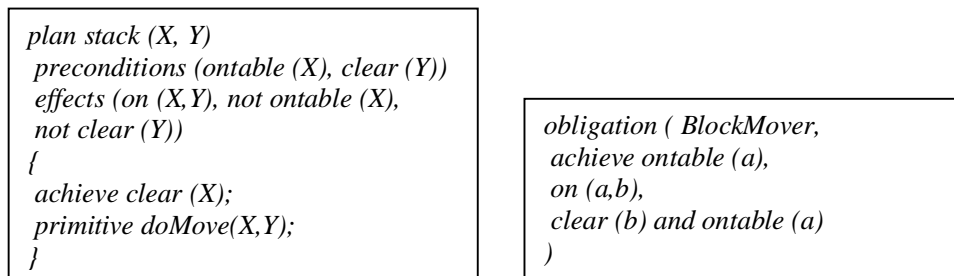
6.1.4 NoA de Kollingbaum e Norman

NoA é a arquitetura desenvolvida por Kollingbaum e Norman (2003) para o propósito específico de automatizar transações entre ambientes de comércio eletrônico. De modo geral, ela visa o desenvolvimento de agentes motivados por normas que compreendem obrigações, permissões e proibições. As obrigações constituem motivos para que os agentes alcancem estados desejados ou executem ações. As proibições restringem o comportamento dos agentes e as permissões possibilitam a eles realizar certas atividades.

A arquitetura NoA é determinada por uma linguagem para a especificação de planos e normas e um interpretador que é capaz de interpretar e executar os planos e normas especificadas naquela linguagem. Dentre as principais características do NoA estão:

- 1) *Múltiplos efeitos*: a linguagem de especificação de planos permite especificar todos os efeitos de um plano. Qualquer desses efeitos pode ser o motivo que impulsiona o agente a selecionar um plano. Isto permite aumentar a flexibilidade na especificação das capacidades do agente e permite que o agente raciocine sobre o ponto de vista dos efeitos da execução de um plano.
- 2) *Motivado por normas*: os agentes são motivados por normas mais do que por desejos e intenções. As normas representam estados ou ações desejadas, permitidas, obrigatórias ou proibidas para o agente alcançar ou executar.
- 3) *Distinção entre estados e ações*: as normas governam o comportamento dos agentes no que se refere às ações que são obrigatórias, permitidas, proibidas ou os estados e desejos que são obrigatórios, permitidos ou proibidos.

A Figura 6.4 (a) exemplifica um plano, aplicável ao problema do mundo dos blocos. Para executar uma ação, os planos são escolhidos conforme seu nome e lista de parâmetros.



(a) (b)

Figura 6.4 - Ilustração de um plano NoA (a) e de uma norma NoA (b) (KOLLINGBAUM; NORMAN, 2003, p. 2)

O plano mostrado na Figura 6.4 (a) apresenta as instruções da linguagem NoA para estabelecer um subobjetivo (*achieve chear(x)*). A Figura 6.4 (b) mostra a especificação de uma norma, uma obrigação para que o agente *BlockMover* alcance o objetivo de colocar um bloco “a” sobre a mesa. As declarações normativas contêm informações sobre condições que determinam quando uma norma deve ser ativada ou desativada.

O comportamento de um agente NoA é determinado por normas e planos. As normas influenciam o comportamento de um agente de duas maneiras: primeiro, motivando a geração de um objetivo que deve ser alcançado ou de uma ação que deve ser executada (estas são atividades motivadas externamente); segundo, uma “norma filtro” restringe as opções do agente no cumprimento de suas responsabilidades. Os planos são executados quando suas pré-condições são satisfeitas. A seleção de um plano para satisfazer uma obrigação deve ter um efeito que esteja de acordo com as normas.

Por fim, o interpretador NoA faz com que com que as crenças do agente ativem as obrigações que motivam a execução de uma ação.

6.1.5 A arquitetura de López e Márquez

Fabiola López y López e Amauri Márquez (2004) propuseram uma arquitetura a partir modelo BDI que visa modelar sociedades de agentes normativos autônomos, heterogêneos, individualistas e projetados de modo independente.

Um agente normativo é, para esses autores, um agente autônomo cujo comportamento é parcialmente determinado por obrigações com as quais ele está comprometido, por proibições que limitam o tipo de objetivo que ele pode almejar, por compromissos sociais que são criados durante a vida social e por códigos sociais cuja não-adequação pode conduzir a punições, mas cuja realização pode representar a satisfação social do agente.

O objetivo desta arquitetura não é elaborar um modelo no qual os agentes devam adotar e cumprir normas, mas um modelo no qual os agentes encontrem razões para fazê-lo, e que estas razões estejam relacionadas com seus objetivos, e a importância desses objetivos seja dada pelas suas motivações. Motivações são entendidas como componentes que permitem que o agente tenha preferências sobre seus objetivos.

Nesta arquitetura, além dos elementos crenças, desejos e intenções, três novos processos foram incluídos: um para decidir se uma norma deve ser adotada, outro para deliberar se uma norma deve ser cumprida e outro para atualizar os objetivos do agente, de acordo com essas decisões. Além de motivações, três novas atitudes mentais foram incluídas:

- 1) Normas instanciadas, que representam as normas adotadas pelo agente.
- 2) Normas intencionadas, que representam as normas que o agente decidir cumprir.
- 3) Normas rejeitadas.

O processo de adoção de normas pode ser definido como um processo através do qual os agentes reconhecem suas responsabilidades para com outros agentes pela assimilação de normas que especificam estas responsabilidades. Para que um agente adote uma norma, é preciso inicialmente que ele tenha razões para estar e ficar na sociedade. Além disso, as seguintes condições devem ser satisfeitas:

- 1) O agente deve reconhecer as normas que lhe dizem respeito.
- 2) A norma não deve já ter sido adotada por ele.
- 3) A norma deve ter sido emitida por uma autoridade reconhecida.

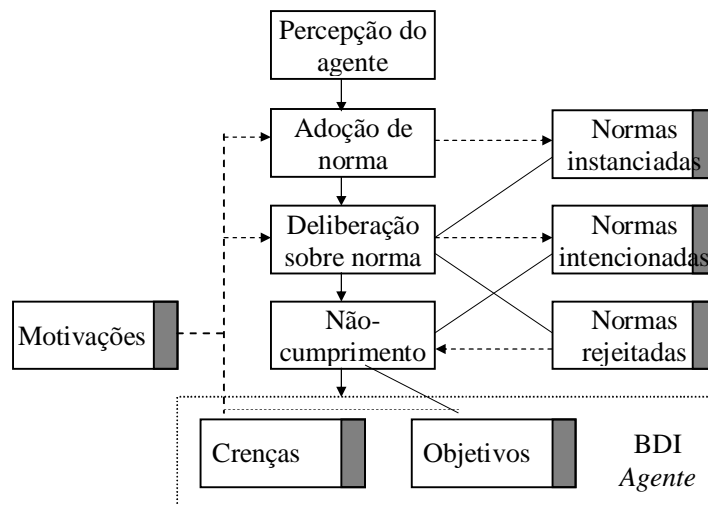


Figura 6.5 - Ilustração da arquitetura de López e Márquez (adaptado de LÓPEZ; MÁRQUEZ, 2004, p. 99)

Como pode ser visto na Figura 6.5, que ilustra a dinâmica desta arquitetura, o processo de adoção de normas é alimentado pelos objetivos do agente (para avaliar os efeitos das novas normas sobre eles), suas crenças (para avaliar a situação atual do agente) e suas motivações (para determinar a importância dos objetivos que são afetados através das decisões normativas).

6.2 Arquiteturas com valores

No contexto da associação do conceito de valores às ações de agentes computacionais, Maria Miceli e Cristiano Castelfranchi parecem ter sido os pioneiros. Um de seus artigos que versa sobre o assunto data de 1986⁸³. Esses autores identificam os valores como elementos-chave na explicação de diversos fenômenos intrapsíquicos, interacionais ou macrosociais visto que afetam nas escolhas e desejos individuais, na atração interpessoal, nas mudanças sociais, nas normas e padrões de comportamento.

Para eles, valores não são objetivos, não são normas, não são padrões. Os valores são objetos mentais e sociais dotados de requisitos precisos. São um tipo especial de avaliação e, como tal, são entendidos como crenças, como idéias. E é por isso que eles sugerem que sejam traduzidas, nas arquiteturas existentes, as relações entre aspectos emocionais e motivacionais, e entre aspectos racionais e decisivos (MICELI; CASTELFRANCHI, 1989).

Em um outro momento, Miceli e Castelfranchi aprofundam a questão da motivação (MICELI; CASTELFRANCHI, 2000). Para eles, a motivação refere-se a determinantes de pensamento e ação. Ela indica por que comportamentos são iniciados, continuados, e concluídos, bem como quais escolhas são feitas. Um sistema cujo comportamento é instigado por motivações apresenta tendências de ações dependendo de certas condições internas e externas.

⁸³ MICELI, M., CASTELFRANCHI, C. Valutazione: un aspetto trascurato nelle teorie cognitive. *Ricerche di Psicologia*, v.1, p. 69-94.

Também discutem a questão das relações entre motivação e emoção. Embora a motivação freqüentemente implique reações afetivas e emoções, outros mecanismos e aspectos motivacionais, tais como objetivos, planos, intenções, decisões, comportamentos reativos e reflexos, não necessariamente têm um caráter afetivo. Portanto, é possível modelá-los e implementá-los sem a presença de teoria ou ingredientes emocionais.

Por sua vez, ao discutir o fato de que normas são abstratas, Frank Dignum (2002) defende que os valores as precedem, ou seja, estão em um nível ainda mais abstrato do que o delas. A questão que se coloca é traduzir as normas para um nível no qual seu impacto junto aos elementos que delas fazem uso possa ser descrito diretamente, atentando para o fato de que esta tradução é dependente do domínio.

Do ponto de vista deste autor, em um nível mais alto de abstração, os valores cumprem o papel de normas no sentido de que eles determinam as ações que devem ou não devem ser executadas em determinadas situações. Valores são crenças sobre o que é importante, tanto para indivíduos quanto para sociedades. Um valor é uma crença, certa ou errada, sobre a maneira como alguma coisa deveria ser e, como tal, envolve necessariamente julgamentos; eles são gerais sobre comportamentos, mas não informam como seria um comportamento adequado em uma dada situação.

Para modelar valores, Frank Dignum os define como sendo desejos e/ou objetivos. Entretanto, mesmo podendo defini-los com uma sintaxe formal, não se atribui nenhum significado a eles. O significado dos valores é dado por normas que contribuem para a constituição deste valor. Uma norma contribui para um valor se, quando cumprida, ela conduz a estados que se aproximam daquela noção de valor. É assim que a cada valor estão associadas normas que contribuam para sua realização. E é o conjunto de normas associadas ao valor que lhe dão significado.

Kulakov e Stojanov (2002) também trabalham a idéia de valor em suas arquiteturas. Eles defendem que *valores internos* são requisitos fundamentais na constituição de arquiteturas no contexto da robótica. Em seus experimentos, esses valores são utilizados por diferentes funções para determinar diferentes personalidades para os agentes e, como tal, contribuem para a definição de objetivos.

Enfim, a revisão bibliográfica no que se refere a valores, mostrou que, apesar de não serem muitos os autores que têm utilizado este conceito em suas pesquisas, aqueles que têm assim procedido os empregam direta ou indiretamente na definição de objetivos e condutas dos agentes. No RePiarq, isto também se verifica, e com bastante ênfase.

6.2.1 O BVG de Luis Antunes

Luis Antunes (2001) apresentou em sua tese de doutorado, uma arquitetura para agentes computacionais na qual, tendo a arquitetura BDI como fundamento teórico, inseriu nela valores, criando especialmente um modelo de escolha que se baseia em múltiplos valores na avaliação de uma situação. O resultado deste trabalho é a arquitetura BVG, que enfoca crenças, valores e objetivos. De modo geral, as crenças representam o que o agente sabe, os objetivos representam o que o agente pretende, e os valores representam o que o agente gosta.

A principal ênfase no trabalho da tese de Antunes é dada aos valores, a partir de uma crítica centrada nos métodos usuais utilizados nos modelos de agentes que empregam a Teoria da Decisão para dar sustentação à tomada de decisão do agente. Este autor defende uma racionalidade menos inspirada na utilidade e mais inspirada em valores. Para ele, os valores

forneem os fundamentos da motivação (enquanto fonte dos objetivos) e da escolha do agente.

Na arquitetura BVG, os mecanismos de escolha estão baseados em uma multiplicidade de valores e neles estão os elementos que contribuem para o aumento da autonomia do agente. Esses valores são constantemente adaptados como resultado da avaliação das conseqüências das decisões anteriores, e são utilizados para orientar a tomada de decisão dos agentes uma vez que classificam seus objetivos e planos.

O funcionamento do agente baseia-se em ciclos de operação que atualizam as crenças e avaliações do agente tendo como base o estado do mundo e um conjunto de crenças. O novo conjunto de crenças contém qualquer informação que tenha origem nas percepções do agente. A deliberação é o processo no qual o agente calcula a decisão a ser tomada e a respectiva ação a ser executada. Executada a ação, o mundo é atualizado e o agente é capaz de perceber as mudanças ocorridas.

No mecanismo de escolha da arquitetura BVG, os valores são utilizados para relacionar objetivos e crenças. Os objetivos são caracterizados por um conjunto de valores que atuam como padrões em relação aos quais os subobjetivos são confrontados. Os planos são representados como crenças. Os valores que atuam em conjunto com essas crenças representam as caracterizações que os agentes associam aos planos alternativos. Os valores que caracterizam os planos também podem ser atualizados. Se uma alternativa não apresentar o desempenho esperado, as características que fizeram com que ela fosse escolhida devem ser revistas.

A Figura 6.6 ilustra a influência dos valores nos momentos de escolha do agente. Os valores são utilizados pela decisão quando da deliberação e da escolha. Quando as opções são seriadas, a seleção final pode consistir em escolher a melhor de todas ou em levar em conta a ordem das opções. Neste caso, um método deve ser usado para escolher levando em conta os valores.

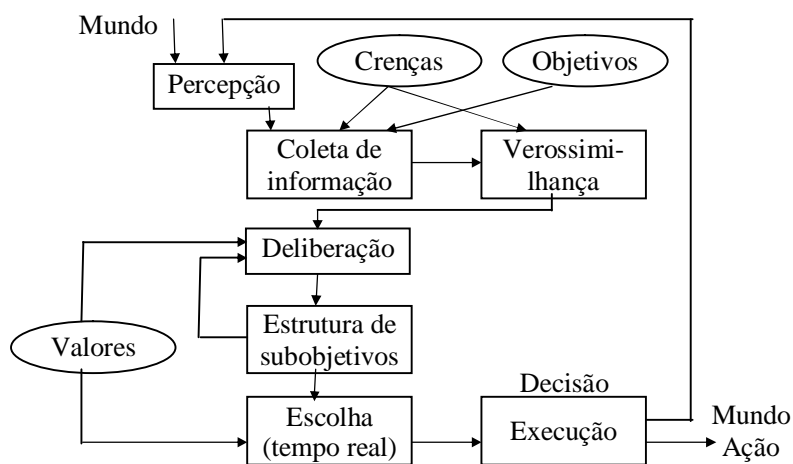


Figura 6.6 - Ilustração da tomada de decisão na arquitetura BVG (adaptado de ANTUNES, 2001, p. 99)

Considerando o objetivo atual do agente, o processo de decisão definirá o plano a ser executado e os valores devem estar de acordo com os valores do objetivo. É a função de escolha que define qual plano é o mais adequado para atingir o objetivo do agente. Ela relaciona os valores que caracterizam o objetivo e associa com os valores dos planos, o que

gera um número real. Este número é utilizado para ordenar os planos, e o maior valor representa o plano mais adequado.

6.2.2 O sistema de troca de valores de Máira Rodrigues

Em sua dissertação de mestrado, Máira Rodrigues (2003) definiu um sistema de valores de troca que constitui em um mecanismo de raciocínio social baseado em valores e relações de dependências. Este sistema utiliza a Teoria dos Valores Qualitativos de Jean Piaget para estender o modelo de Coalizões Baseadas em Dependências e o modelo de Redes de Contrato. Ele complementa as funcionalidades desses modelos com a inserção de um mecanismo baseado nas trocas de valores propostas por Piaget.

Para esta autora, os valores são utilizados não como instrumento para tomada de decisão individual, mas como mecanismos reguladores responsáveis pelo equilíbrio e continuidade das interações sociais. Esta opção decorre da concepção de que os valores, no sentido que lhes é dado por Piaget, estão presentes no dia-a-dia do ser humano guiando suas avaliações, decisões e motivando suas interação com outros indivíduos. Sendo assim, empregar esta noção de valores visa capturar esta característica das interações humanas e mapeá-la para as interações realizadas por agentes artificiais.

Objetivando demonstrar como este sistema de valores de troca pode ser utilizado na simulação de situações reais, a autora implementou um sistema multiagente que modela, de maneira simplificada, o processo de *lobby* através de contribuições para campanhas políticas. Neste sistema, para que cada agente seja capaz de lidar com seus valores e sua dependência em relação a outros agentes componentes da sociedade, bem como com seu poder de influenciá-los, ele tem acesso às seguintes informações:

- 1) A composição da sociedade, o que inclui os agentes que nela habitam e seus respectivos objetivos, planos e ações.
- 2) O estado dos valores representados através de um conjunto de valores de troca, armazenado pelo agente durante a realização de uma simulação completa.
- 3) O conjunto das variações dos valores empregados na troca atual.
- 4) O histórico dos valores de troca.
- 5) Normas morais ou jurídicas estabelecidas nas trocas, a fim de garantir a conservação dos valores.
- 6) Estratégias para a elaboração de propostas e definição de parceiros considerando o cálculo sobre os valores.

O mecanismo de troca de valores divide-se em três etapas, quais sejam, *antes*, *durante* e *depois* da troca, e os três motivos que levam um agente a tomar a iniciativa da troca são:

- 1) Quando ele não é capaz de executar uma ação que faz parte da execução de seu plano.
- 2) Quando ele é capaz de executar a ação, mas prefere que outro agente o faça.
- 3) Quando o agente visa ganhar créditos com outro agente, oferecendo-lhe um serviço.

Na primeira etapa (*antes* da troca), definida a motivação do agente e seu estado de valores de troca, o agente faz um cálculo sobre os valores (Figura 6.7), considera suas possíveis estratégias de ação, a fim de escolher os agentes e as propostas de troca que

resultem em um estado de valores acumulados desejado, elabora uma proposta e a envia para os agentes selecionados.

Nesta fase, os agentes realizam negociações a fim de chegarem a um acordo sobre as trocas de ações e as normas de conservação dos valores. A conclusão desta negociação pode ser um aceite ou uma recusa. Os agentes que não tenham suas propostas aceitas podem avaliar a situação e revisar suas propostas. Em sendo aceita a proposta, os agentes envolvidos assumem um compromisso mútuo.

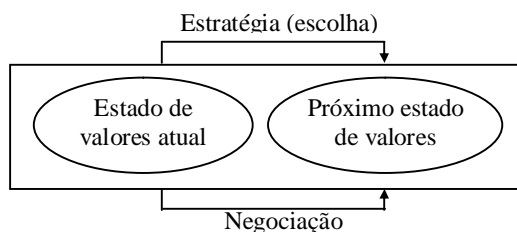


Figura 6.7 - Ilustração do cálculo sobre valores (RODRIGUES, 2003, p. 60)

Na segunda etapa das trocas (*durante* a troca), ocorre a seqüência de eventos estabelecidas na teoria piagetiana, momento em que um agente presta serviço a outro e espera reciprocidade. Dependendo do tipo de proposta estabelecida, são calculadas as variações dos valores atuais da troca.

A última etapa das trocas (*depois* da troca) ocorre quando ela é finalizada, e consiste em atualizar o histórico e os valores de troca acumulados, e assimilar novos acordos ou normas, caso tenham ocorrido na proposta de troca.

Com a construção do cenário onde ocorreu o processo de *lobby*, a autora pôde observar a dinâmica dos valores de troca, modelar características mais subjetivas das interações características daquelas que ocorrem com seres humanos, e construir instrumentos capazes de promover a continuidade das interações e trocas sociais.

6.2.3 A arquitetura de Guye-Vuillème e Thalmann

Anthony Guye-Vuillème e Daniel Thalmann sugerem, inicialmente em (GUYE-VUILLÈME, THALMANN, 2000) e em maiores detalhes em (GUYE-VUILLÈME, THALMANN, 2001), a inserção de quatro conceitos sociológicos em uma arquitetura para agentes, visto que, no entender desses autores, tais conceitos são fundamentais para modelar comportamentos humanos, e estes servem de inspiração para a modelagem de agentes computacionais. Os conceitos são: normas, valores, visão de mundo e papéis. A Figura 6.8 ilustra esses conceitos e sua inter-relação.

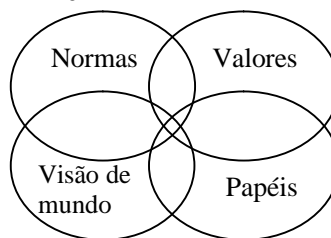


Figura 6.8 - Ilustração da inter-relação entre *normas*, *valores*, *visão de mundo* e *papéis*

Defendem que *normas* são fundamentais, visto que especificam padrões de comportamento que são social e culturalmente aceitos. Elas são guias de ações e definem o que deve e o que não deve ser feito. Uma norma é cumprida porque ela foi completamente assimilada pelo indivíduo ou porque o indivíduo opta por evitar sanções.

Compreendem os valores a partir da tipologia proposta por Max Weber. Este autor concebeu a sociologia como uma ciência inclusiva de ação social. Seu enfoque teórico inicial está no significado subjetivo que os indivíduos associam às suas ações e interações dentro de contextos sociais específicos. Ele define quatro tipos principais de ação social: a ação racional, a orientada a valores, a afetiva, e a tradicional (ELWELL, F., 2005).

- 1) A ação racional é aquela cujos meios para atingir um objetivo específico são escolhidos racionalmente.
- 2) A ação orientada a valores é aquela que é caracterizada pelo esforço dedicado a um objetivo que pode não ser racional, mas que é buscado por meios racionais; os valores decorrem de um contexto holístico, ético, religioso, filosófico.
- 3) Ação afetiva está baseada no estado emocional do indivíduo mais do que no peso racional de meios e fins; sentimentos são forças que motivam o comportamento humano.
- 4) A ação tradicional é guiada por costumes ou hábitos; as pessoas realizam este tipo de ação de modo impensado, simplesmente porque tais ações “são sempre feitas assim”.

Para Guye-Vuillème e Thalmann, *valores* constituem um sistema moral pessoal. Defendem que a escolha de uma ação, tendo como base um valor, é considerada “certa” independentemente de suas chances de sucesso. Valores envolvem a busca consciente de um estado ideal abstrato.

Identificar como a *visão de mundo* é criada e mantida é uma tarefa importante da microsociologia porque auxilia no entendimento das ações dos indivíduos uma vez que diferentes ações podem decorrer da mesma situação. Os autores também se referem a mecanismos de tipificação utilizados pelos indivíduos através dos quais é possível organizar a percepção do mundo. Esses tipos auxiliam no processo de significação e são atualizados de acordo com a experiência do indivíduo.

Para esses autores, *papéis* constituem um conjunto de comportamentos padrões, e que também incluem elementos da visão de mundo, normas e valores. Um papel está ligado a variáveis tais como idade, gênero, profissão, atividade, etc. A característica importante é que um indivíduo exerce diferentes papéis com sucesso. Durante uma interação social, os participantes adaptam seus papéis aos papéis dos outros.

Enfim, a arquitetura proposta por estes autores inclui os seguintes requisitos. O agente deveria ser capaz de exercer diferentes papéis, bem como mudar seu comportamento de acordo com a situação. Deveria agir de acordo com o ambiente social. Teria um mecanismo cognitivo básico que lhe permitiria tipificar e classificar o ambiente habitado por ele. Teria um conjunto de comportamentos padrões de acordo com normas sociais e agiria de acordo com valores sociais.

No que diz respeito a valores sociais, esses autores entendem que uma arquitetura para agentes deveria permitir que os agentes agissem de acordo com valores sociais e não somente com vistas a alcançar objetivos. Isto significa que critérios, tais como *o que está certo* e *o que está errado*, seriam utilizados para determinar seus comportamentos, independentemente de

sua utilidade. Ações seriam avaliadas de acordo com seus valores, e estes poderiam contribuir para ativá-las ou inibi-las.

6.2.4 Os sistemas de valores de Jordan Zlatev

Jordan Zlatev (ZLATEV, 2001), antes de propor uma arquitetura, elaborou o esboço de uma teoria de significados baseada no conceito de valor como uma categoria biológica e social. Ele busca inspiração em diversas áreas (psicologia com orientação biológica, semiótica, filosófica, cibernética) e, através de diversos autores (Damásio, Vygotsky, e outros), propõe seis teses para sua teoria. São elas:

Tese 1: Significar decorre de relacionamentos entre um indivíduo e seu ambiente, e é definido pelo valor, cujos aspectos particulares (dentro de categorias) pertencem ao indivíduo.

O termo *indivíduo* é entendido no sentido geral com respeito aos termos *organismo*, *sujeito* e *agente autônomo*. Os ambientes do indivíduo podem ser físicos ou físicos e sociais, e um aspecto neste ambiente tem significado para o indivíduo quando tem valor para ele. Os valores podem ser positivos, negativos ou indiferentes e o aspecto terá significado positivo, negativo ou nulo. Aspectos com valor equivalente formam categorias cujos membros são tratados da mesma maneira.

Tese 2: O valor de aspectos físicos (categorias) percebidos através de sistemas de valores inatos está baseado inicialmente nos papéis que exerce para a preservação da vida do indivíduo e sua família.

Um sistema de valores inato é concebido como um sistema de preferências de diferentes graus de especificidade e força, que controla o comportamento e a aprendizagem do indivíduo (tese 4) e está intimamente conectado às emoções (tese 5).

Tese 3: O valor de aspectos sociais (categorias) está baseado em seu papel nos *sistemas valor-significado convencionais* e precisa ser adquirido pelo indivíduo, antes que ele possa tornar-se significativo.

Para seres viverem em sociedades complexas e serem capazes de aprender convenções sociais, no ambiente devem ocorrer práticas sociais como rituais, regras, convenções e normas. O valor dessas categorias sociais não está diretamente conectado à sobrevivência, mas à manutenção da coesão social e comunicação. Seu significado é inerentemente “cultural” e mediado por signos. O ambiente social (e seus significados) interage com o ambiente físico, enriquecendo as relações.

Tese 4: Ambos os sistemas de valores, o inato e o adquirido, servem como sistemas de controle pelo direcionamento e avaliação do comportamento do indivíduo.

Por um lado, sistemas de valores internos sinalizam ao indivíduo algumas ações necessárias que devem ser realizadas. Eles atribuem maior valor à motivação e à intencionalidade, no sentido de direcionamento de objetivos. Por outro lado, eles participam na avaliação das ações pela atribuição de “recompensas” e “punições” e, desta maneira, influenciam comportamentos futuros. É isso que leva à aprendizagem.

Tese 5: Valores e, conseqüentemente, significados estão intimamente conectados a emoções e sentimentos.

Os sistemas de valores internos (inato e adquirido) interagem intimamente com o sistema emocional, de forma que, nos seres capazes de consciência, valores negativos são atribuídos a emoções negativas, e valores positivos a emoções positivas. Emoções exercem papel central na aprendizagem e, uma vez sendo possível existirem sistemas de significado simples sem aprendizagem, nos quais os valores são definidos pelo sistema de valores inato, é também possível existirem sistemas de significados sem emoções.

Tese 6: Em base dos conceitos introduzidos nas cinco teses anteriores, quatro diferentes tipos de sistemas de significados podem ser definidos, formando uma hierarquia evolucionária.

Os quatro sistemas de significado, baseados em suas categorias predominantes de percepção e interação social são (I) baseados nos ambientes, (II) baseados em associações, (III) baseados em ícones e (IV) baseados em símbolos⁸⁴. As principais características de cada sistema são apresentadas na Tabela 6.1, mostrada a seguir.

Tabela 6.1 - Ilustração da hierarquia de significados baseados em valores (adaptado de ZLATEV, 2001, p. 90)

Sistema de significado	Sistema de valor interno (SVI)	Percepção	Interação Social	Aprendizagem	Emoção e consciência
I. Baseado no ambiente.	SVI inato.	Ambiente.	-	-	-
II. Baseado em associações (incluindo o I).	SVI inato + de acordo com o ambiente.	Associações, Esquemas.	Sinais parcialmente instruídos.	Por reforço, condicionamento.	Emoções primárias.
III. Baseado em ícones (incluindo o II).	SVI inato influenciado por valores sociais + SVI icônico.	Categorias convencionais.	Ícones e mímicas.	Imitação.	Emoções secundárias.
IV. Baseado em símbolos (incluindo o III).	SVI inato, influenciado por valores sociais e relações simbólicas + SVI simbólico.	Classes, hierarquias.	Símbolos, proposições, narrativas.	Reflexão.	Consciência de alta ordem.

Os primeiros dois correspondem a sistemas de significado natural, e os últimos correspondem a sistemas não naturais (significados convencionais e outros elementos semânticos). Entretanto, na presente abordagem, eles não são justapostos, mas formam uma hierarquia evolucionária no sentido de que cada tipo da hierarquia é construído sobre o anterior, e “encapsula” o anterior.

Quanto aos valores, eles são definidos para cada uma desses quatro sistemas de significados da seguinte maneira:

- 1) *Baseado no ambiente*: o sistema de significados dos indivíduos desta categoria (como bactérias e plantas) constitui o elemento que os motiva a procurar por

⁸⁴ Dos termos em inglês: (I) cue-based, (II) association-based, (III) icon-based e (IV) symbol-based.

substâncias que lhes são úteis e evitar aquelas que lhes são prejudiciais. Essas substâncias são significativas para tais indivíduos.

- 2) *Baseado em associações*: o sistema de significados dos indivíduos desta categoria (como moluscos, répteis, e a maioria dos mamíferos – incluindo os seres humanos de 0 a 9 meses) não apenas os motiva a agir de uma maneira particular, mas também avalia suas ações e lhes permite aprender através de associações.
- 3) *Baseado em ícones*: o sistema de significados dos indivíduos desta categoria (como chimpanzés – incluindo os seres humanos de 9 a 18 meses) adquirido em grande parte por imitação pela vivência das convenções sociais, completa o sistema de valor inato na avaliação de eventos físicos e sociais.
- 4) *Baseado em símbolos*: o sistema de significados dos indivíduos desta categoria (os seres humanos a partir dos 18 ou 24 meses) é um sistema que complementa o anterior e lida especialmente com a linguagem e as emoções.

Feitas estas considerações, Zlatev discute significados e valores em sistemas artificiais. Para ele, um sistema artificial capaz de dar significação é aquele que possui um sistema interno de valores, para ele, um sistema cibernético. Este sistema, ou arquitetura, requer:

- 1) Um corpo auto-organizável, com um sistema de valor interno.
- 2) A viabilização de interações com um ambiente que é físico e social.
- 3) Que seu sistema de significados não seja determinado com antecedência.
- 4) E que ocorra desenvolvimento cumulativo.

6.3 Arquiteturas construtivistas

As pesquisas que empregam conceitos advindos da teoria piagetiana são relativamente pontuais. Parecem existir dois grupos que se complementam: aqueles que desenvolvem trabalhos no campo teórico fornecendo elementos para fazer as devidas ligações entre a Epistemologia Genérica e a Computação, e aqueles que utilizam estes elementos e se dedicam a realizar experimentos práticos. No primeiro grupo estão autores como Bipin Indurkha, Mark Bickhard e Antônio Carlos da Rocha Costa.

Dentre seus trabalhos, Bipin Indurkha publicou, em 1992, o livro “Metaphor and Cognition: an interactionist approach”⁸⁵ (INDURKHYA, 1992), onde discute cognição e estrutura conceitual. Ele se preocupa com o problema filosófico de reconciliar a natureza construtiva dos conceitos humanos com a noção de uma estrutura pré-existente da mente independente da realidade. Ele propõe um modelo algébrico para o pensamento analógico e metafórico, insistindo na importância deste problema, assinalando que ele deve ser tratado dentro de uma arquitetura cognitiva geral. Propõe um sistema cognitivo onde esteja inserida a chamada rede conceitual, que, na verdade, é uma denominação para os esquemas piagetianos. Para ele, um agente pode realizar, usando diferentes redes conceituais, diferentes interpretações decorrentes de uma entrada perceptiva. Outro ponto interessante abordado por ele é o agrupamento de diferentes ações dentro de mesmas classes se seus efeitos sobre um objeto são os mesmos.

⁸⁵ Infelizmente, não tivemos acesso a esta obra. As informações aqui apontadas decorrem principalmente de Stojanov (2001), da apresentação desta obra feita por Eileen C. Way da Universidade de Nova York e Binghamton, e de algumas citações disponíveis na internet.

Mark Bickhard, diretor do *Institute for Interactivit Studies*, da Universidade de Lehigh (Pensylvania), tem direcionado seus trabalhos na teoria da IA e robótica. Em suas publicações ele apresenta uma *teoria interacionista* parcialmente influenciada pela teoria de Piaget. Especificamente, ele entende que a teoria de Piaget é importante para o entendimento de como se dá o desenvolvimento cognitivo humano (BICKHARD, M., 2005).

Rocha Costa vem trabalhando com os conceitos decorrentes da teoria de Piaget desde o final dos anos 1980. Um de seus principais trabalhos foi a publicação de sua tese de doutorado, intitulada “Inteligência de máquina: esboço de uma abordagem construtivista”, em 1993 (COSTA, 1993). Neste trabalho ele apresenta uma definição para inteligência de máquina. Para isso, ele utiliza particularmente a concepção de inteligência dada por Piaget e faz interpretações no contexto das máquinas. Ele denomina *naturalismo* a concepção de que a inteligência de máquina é um fenômeno natural nas máquinas.

No grupo complementar a este, estão os autores que procuram colocar em prática os conceitos piagetianos originais, ou a partir de outros teóricos, a exemplo dos mencionados anteriormente. Dentre eles estão os autores citados com mais vagar nas próximas seções (cujo trabalho diz respeito especificamente a agentes computacionais), e outros, como Flávio Moreira Oliveira, Patrícia Behar e Francisco Fialho.

Flávio Oliveira propôs um conjunto de critérios para a *equilibração de estruturas* conceituais em um sistema tutor inteligente. Os *critérios de equilíbrio* propostos foram obtidos a partir de uma modelagem métrica e de topologia de ordem de informação para redes semânticas com as quais o tutor inteligente representa conhecimentos (OLIVEIRA, F., 1994).

Além de realizar análise operatória de ferramentas computacionais de uso individual e coletivo, o trabalho de tese de Patrícia Behar é dedicado também a elaborar modelos interativos de um “sujeito coletivo” a partir de uma abordagem piagetiana. Para isso foram aprofundadas questões sobre a interação entre indivíduos, bem como sobre a cooperação e as trocas sociais (BEHAR, P. A., 1998).

Francisco Fialho propôs, em sua tese de doutorado, a partir da conjectura de Turing sobre a possibilidade de construir máquinas inteligentes e dos estudos de Piaget sobre a construção de conhecimento, um simulador visando emular estruturas cognitivas e o mecanismo pelo qual essas estruturas atingem um estado de equilíbrio majorante, após desequilíbrios internos ou externos (FIALHO, 1994).

6.3.1 O trabalho pioneiro de Gary Drescher

Em sua tese de doutorado, Gary Drescher foi o primeiro a empregar a teoria piagetina como fundamento teórico para definir uma arquitetura para um agente computacional (DRESCHER, G., 1991). Sua atenção centrou-se na construção de um mecanismo de esquemas, por entender ser este um dos pontos centrais da teoria e, em particular, de algumas fases iniciais do período sensório-motor. Esse mecanismo, a que denominou *mecanismo de esquemas*, foi associado a um agente, situado em um ambiente.

O mecanismo de esquemas aprende empiricamente com as experiências, e utiliza esse conhecimento no planejamento de ações visando atingir objetivos explícitos. A aprendizagem é alcançada por uma técnica de indução que constrói estruturas que constituem os esquemas de maneira autônoma e não supervisionada. Cada esquema refere-se a ações, contextos e resultados específicos. Os contextos e os resultados são expressos em forma de *estados binários*. Assim sendo, o mecanismo de esquemas, além de ser responsável por construir

novos esquemas, também é responsável por descobrir relações entre situações através de paralelos entre ações e estados binários.

Independentemente do resultado alcançado pela realização de uma ação, o mecanismo de esquemas pode definir nova ação para atingir outros resultados. Para isso, ele é capaz de construir estados binários artificiais, que representam aspectos do mundo ainda não representados. Isto ocorre porque os esquemas podem não funcionar em decorrência de situações às quais eles inicialmente não se aplicariam devido à falta ou incompletude de informações (relação ações / estados binários) advindas do ambiente.

O mecanismo de esquema possui três tipos de estruturas de dados: *esquemas*, *ações* e *estados binários*. Um esquema é uma estrutura de três partes que contém o contexto, a ação e o resultado. Ele define os resultados esperados, quando certas condições de contexto são satisfeitas, a partir da execução de determinadas ações. Cada ação determina um evento que pode afetar o estado do mundo, e pode refletir nos estados binários dos esquemas. Um estado binário é um elemento de estado. Cada um deles corresponde a alguma posição sobre o estado do mundo. O mecanismo de esquema é extensível no sentido de que as instâncias de unidades básicas de representação (esquemas, estados binários e ações) podem ser construídas por combinação e abstração.

Um esquema é uma unidade de conhecimento que é simultaneamente declarativa e procedural. É declarativa uma vez que define o que acontece sob certas circunstâncias. É procedural porque define como atingir um objetivo. O objetivo pode estar no próprio resultado do esquema, ou o esquema pode facilitar a ativação de algum outro esquema cujo resultado inclui o objetivo.

O mecanismo de esquemas contém, inicialmente, estados binários que correspondem à informações perceptivas, como, por exemplo, a existência de um objeto à esquerda e na parte superior do campo visual. A Figura 6.9 mostra um mundo bidimensional no qual o agente de Drescher e um objeto estão situados. Nesta figura, o campo visual do agente abrange seu corpo e o objeto (não inclui suas mãos).

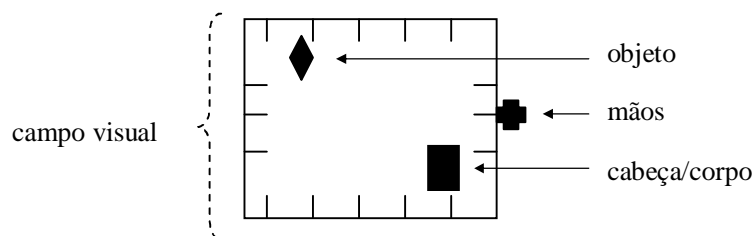


Figura 6.9 - Ilustração do agente de Drescher em um ambiente bidimensional (adaptado de DRESCHER, 1991, p. 8)

É o mecanismo de esquemas que controla as ações do agente. Cada ação corresponde a alguma atividade motora primitiva, como mover a mão continuamente à frente. No entanto, o mecanismo de esquemas não sabe distinguir quais dos estados binários são visuais e quais são táteis. Também não tem nenhuma noção sobre a permanência do objeto (no sentido piagetiano). Estas noções são adquiridas no processo de interação do agente com o ambiente (aprendizagem). Isto se dá através de um algoritmo denominado *atribuição marginal*, que emprega cálculos estatísticos de relevância à confiabilidade das ações, visando prever o resultado de uma ação em circunstâncias ou contextos específicos.

Quando esses contextos ocorrem, um determinado esquema é aplicável a ele. Isso significa que o agente percebe uma situação compatível com o contexto do esquema. Como

mais de um esquema pode ser aplicável a cada contexto, o mecanismo de esquemas seleciona um deles para ser executado. Se, após a execução, os resultados esperados se concretizarem, então o esquema teve sucesso. Além do sucesso do esquema, existe um *índice de correlação* que também é utilizado para avaliar o esquema.

Os objetivos de um agente de Drescher são definidos em função de dois critérios, o de exploração e o de busca por metas. O primeiro faz com que o agente explore o mundo em que vive. O segundo faz com que o agente atue sobre o mundo para alcançar determinados contextos que são definidos como metas. É, portanto, explorando e buscando realizar suas metas que o agente constrói e aprimora seus esquemas.

6.3.2 O Petitagé de Stojanov

Georgi Stojanov (2001) sintetiza as diversas arquiteturas para agentes autônomos inspiradas na Epistemologia Genética de Piaget e nos trabalhos de Tolman, desenvolvidas durante cinco anos. Na verdade, essas arquiteturas são melhoramentos da arquitetura denominada *Petitagé*, proposta originalmente em 1995. Nesta primeira proposta, Stojanov desenvolveu um mecanismo simples para controlar o comportamento de alguns agentes através da determinação do que deveria ser feito, considerando uma determinada entrada sensorial.

A primeira evolução foi a inserção, nesta primeira versão da arquitetura, do *Módulo de Expectativa* (ME), que mantinha uma tabela contendo três informações básicas: a entrada sensorial no tempo t , a ação a ser executada no tempo t e a situação esperada no tempo $t+1$. A tabela ME inicial era vazia e era completada (indicando a aprendizagem do agente) a partir do comportamento do agente no ambiente. Depois de um tempo, ele poderia prever as consequências de algumas ações feitas em determinados contextos. Assim, a aprendizagem do agente ocorria pela construção de uma rede de unidades de expectativas que podiam ser ampliadas naturalmente, representando resultados decorrentes de sua interação com o ambiente.

Outras melhorias na arquitetura foram feitas, mas uma das últimas visava atender a situações nas quais o agente poderia estar em lugares diferentes, porém tendo a mesma imagem sensorial⁸⁶ (é o caso de estar fazendo a volta em um canto de uma parede, sabendo de que canto se trata). Para resolver este problema, Stojanov inseriu, na arquitetura *Petitagé*, a noção de esquema, que, para ele, consiste na seqüência de ações elementares que o agente é capaz de executar.

Alguns testes foram feitos utilizando esta versão da arquitetura como, por exemplo, o caso em que um agente seria capaz de executar quatro ações elementares: ir para frente, para trás, para a esquerda e para a direita. Uma *string*, composta por um conjunto dessas ações elementares, além de sua duração e ordem, representaria um *esquema inato*, quando no modo de aprendizagem, o agente tentaria executar este esquema, percorrendo um labirinto. Ao fazer isso, apenas algumas ações previstas no esquema inato seriam executadas com sucesso, em decorrência das particularidades do ambiente. Ao executar estas ações, o agente perceberia quais delas seriam (e quais não seriam) efetivamente executadas e, assim, construiria um mapa do ambiente, além de complementar os esquemas de que disporia. A Figura 6.10 ilustra a arquitetura básica do *Petitagé*.

⁸⁶ Este é um problema comum na área da robótica, conhecido como *perceptual aliasing*.

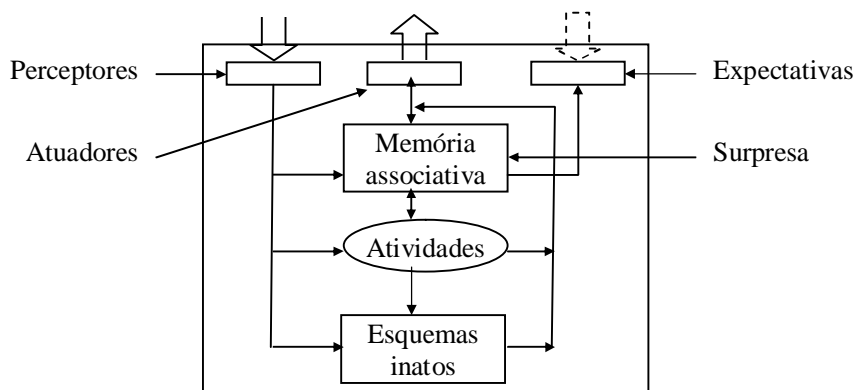


Figura 6.10 - Ilustração da arquitetura do Petitagé (adaptado de STOJANOV, 2001, p. 3)

Um objetivo é apresentado ao agente quando algumas de suas atividades são ativadas. Uma atividade é acionada quando determinada percepção é experimentada. A distância entre uma expectativa e um objetivo determina o *contexto emocional* de uma atividade específica. Uma memória associativa⁸⁷ armazena as ligações entre esquemas (seqüências de ações) e as ações executadas com sucesso; um vetor armazena a distância a vários objetivos.

No exemplo do labirinto, o agente procede da seguinte maneira: ele tenta executar um esquema inato. Dependendo do esquema que é executado, ele vai se situando com relação ao ambiente. Então, dependendo de qual atividade está ativa, ou seja, qual objetivo deve ser atingido, o agente executa o esquema que possui menor distância do objetivo.

6.3.3 O trabalho de Wazlawick

Raul Wazlawick, em sua tese de doutorado, empregou redes neurais⁸⁸ e algoritmos genéticos⁸⁹ para construir, para um agente computacional, um modelo de construção de estruturas cognitivas, particularmente do período sensorio-motor, tentando coordenar as operações deste período com o próximo, o dos grupamentos operatórios, tendo uma preocupação especial com seu equilíbrio (WAZLAWICK, 1993).

Os experimentos foram realizados em um ambiente habitado por agentes que procuram equilibrar suas estruturas cognitivas (esquemas) com as características do ambiente, bem como com outros agentes. As entradas sensoriais e as saídas motoras são constituídas por vetores de números reais que representam o ambiente no qual o agente está inserido e suas ações nesse ambiente. A Figura 6.11 ilustra a relação entre um agente e o meio no qual está inserido, assinalando os vetores que representam a percepção e a ação dos mesmos.

⁸⁷ Uma memória associativa é uma memória distribuída inspirada no cérebro, que aprende por associação e assume duas formas, a auto-associação ou a heteroassociação. A primeira envolve o uso de aprendizagem não supervisionada e, a segunda, a aprendizagem é supervisionada. (HAYKIN, 2001).

⁸⁸ “Uma rede neural é um processador maciçamente paralelamente distribuído constituído de unidades de processamento simples, que têm a propensão natural para armazenar conhecimento experimental e torná-lo disponível para uso” (HAYKIN, 2001, p. 28).

⁸⁹ Os algoritmos genéticos são uma família de modelos computacionais inspirados na evolução, que incorporam uma solução potencial para um problema específico empregando uma estrutura semelhante a de um cromossomo e aplicam operadores de seleção e mutação a essas estruturas cuidando com a preservação de informações críticas relativas à solução do problema (BITTENCOURT, 1998).

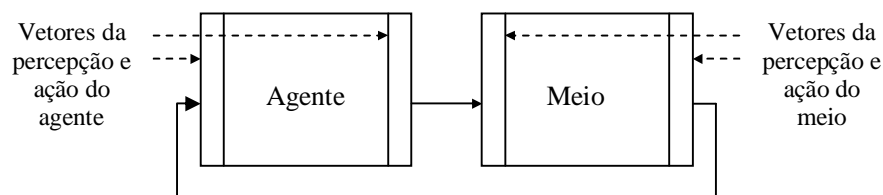


Figura 6.11 - Ilustração da interação agente/ambiente (adaptado de WAZLAWICK, 1993, p. 102)

Um agente é formado por uma estrutura que contém vetores de números reais no intervalo $[0,1]$ que representam a entrada sensorial e a saída motora de uma dada situação, por constantes que determinam a quantidade mínima e máxima de esquemas que o agente pode possuir, e por dois conjuntos de esquemas.

Para Wazlawick, um esquema é constituído por três vetores, ou seja, o vetor dos *observáveis*, o vetor da *ação motora* e o vetor dos *objetivos*. O vetor dos *observáveis*, como o próprio nome indica, representa os observáveis ou a classe de objetos à qual o esquema pode ser aplicado. Ele está associado ao vetor da entrada sensorial do agente. Quanto maior for a similaridade entre esses dois vetores, maior é a possibilidade de que o objeto percebido pelo agente seja o objeto ao qual o esquema pode ser aplicado.

O vetor da *ação motora* está associado ao vetor das saídas motoras do agente. Ele contém as ações que o agente deve executar. Quando o esquema é ativado, todos os valores deste vetor são atribuídos ao vetor das saídas motoras do agente.

O vetor dos *objetivos* contém uma representação do que o agente espera observar após a ativação do esquema. Quando isso acontece, este vetor é comparado com o vetor de entrada a fim de avaliar a ação do esquema. Quanto maior a similaridade entre esses vetores, mais próxima do objetivo a ação deste esquema chegou.

A aprendizagem dos esquemas é feita através de uma rede neural não supervisionada (rede de Kohonen⁹⁰), que, em linhas gerais, permite que um esquema aprenda a reconhecer seus observáveis pela aproximação do vetor de pesos da rede do centro da nuvem de conceitos aprendidos por ela.

A reprodução de esquemas ocorre pela utilização de técnicas de algoritmos genéticos, que viabilizam a seleção dos melhores esquemas e reprodução por cruzamento e mutação. Existe também a chamada *reprodução criativa*, que consiste em reproduzir uma certa quantidade de esquemas a fim de evitar que o agente ative sempre o mesmo esquema quando as condições externas permanecerem imutáveis.

Visando agrupar esquemas e coordenar sua ativação, Wazlawick definiu os *meta-esquemas* cujas ações correspondem à ativação de esquemas. Seus observáveis e objetivos são constituídos por configurações de observáveis e objetivos de outros esquemas. À medida que os esquemas tornam estáveis seus valores de avaliação, sua regulação passa a ser dos meta-

⁹⁰ “O modelo de Kohonen pertence à classe de algoritmos de codificação vetorial. O modelo produz um mapeamento topológico que localiza otimamente um número fixo de vetores (i.e., palavras de código) em um espaço de entradas de dimensionalidade mais elevada, e desse modo, facilita a compressão de dados [...]. O principal objetivo do mapa auto-organizável (SOM, self-organizing map) é transformar um padrão de sinal incidente de dimensão arbitrária em um mapa discreto uni ou bidimensional e realizar esta transformação adaptativamente de uma maneira topologicamente ordenada.” (HAYKIN, 2001, p. 486).

esquemas, que se tornam responsáveis pela seleção, avaliação e aprendizagem do esquema a ser ativado.

Wazlawick elaborou um experimento utilizando esses conceitos e recursos visando estudar o comportamento de agentes com essas características. Este experimento consistiu em uma matriz de dimensões 10×10 , cujas posições podiam ser ocupadas por agentes. Estes agentes, dotados de doze sensores e quatro atuadores, eram capazes de se mover dentro da matriz, em posições não ocupadas. Com a ação dos agentes, foram analisadas diversas situações, entre elas a evolução do valor de avaliação dos esquemas ativados em relação ao tempo, e os esquemas que foram mais ativados durante uma certa quantidade de iterações.

Em trabalho posterior, Wazlawick apresentou, em linhas gerais, os principais temas associados à noção de *agente autônomo*. Neste mesmo trabalho procurou demonstrar que a Teoria da Equilibração das Estruturas Cognitivas, de Piaget, tem contribuições significativas a dar à concepção de agentes autônomos, especialmente no que se refere à capacidade de o agente construir conceitos sem intervenção humana e de se auto-adaptar a ambiente em mutação (WAZLAWICK, 1996).

6.3.4 O trabalho de Muñoz

Mauro Muñoz retomou a proposta inicial de Wazlawick e, em sua dissertação de mestrado, também elaborou um modelo de um agente cognitivo baseado no mecanismo de esquemas próprio do período sensorio-motor (MUÑOZ, 1999). O agente tem como principal característica a construção e elaboração autônoma de ações necessárias à satisfação de suas necessidades, de modo a apresentar condições de elaborar suas próprias regras de ação. Na implementação do agente foi utilizada uma rede neural treinada através de algoritmos genéticos.

Um dos objetivos do trabalho de Muñoz é viabilizar conhecimento temporal, decorrente do encadeamento de ações, permitindo que o agente estabeleça planos e se oriente quanto à ação que possa conduzir aos objetivos.

O mecanismo de esquemas é composto por uma coleção de esquemas e cada um deles é formado por três elementos: *contexto*, *ações* e *objetivo*. O *contexto* representa várias classes distintas de situações às quais o esquema pode ser aplicado, visto que é possível alcançar um objetivo a partir de situações diferentes. As *ações* representam o conjunto de seqüência de ações a serem executadas pelo esquema; referem-se às diferentes combinações de acionamento de atuadores do esquema, além de estarem relacionadas aos contextos aos quais podem ser aplicadas com vistas a atingir o objetivo. O *objetivo* representa uma classe de situações similares que constituem um objetivo.

Contextos e objetivos são representados de maneira semelhante, o que permite que um esquema possa ser o objetivo de outro esquema. Por sua vez, este segundo esquema pode estar encadeado ao primeiro, e assim sucessivamente, constituindo uma hierarquia de esquemas. Este encadeamento permite que o agente construa noções temporais, visto que um esquema pode ter, como entrada, a percepção sensorial do agente (atual) e a ativação de outro esquema (anterior).

Este agente, inserido em um ambiente, possui um corpo, que tem a função de fazer a interface entre o sistema cognitivo (que contém o mecanismo de esquemas) e o meio externo. O sistema cognitivo recebe, como entrada, o estado de sensores e atuadores do corpo, e, como saída, controla o estado de atuadores.

O *sistema cognitivo* é responsável por estruturar o conhecimento do agente e empregá-lo nas ações realizadas por ele. Além do sistema cognitivo, há o *sistema não cognitivo*, que é responsável por estabelecer prioridades e definir necessidades para que o sistema cognitivo possa realizá-las. A relação entre esses dois sistemas é de mútua dependência. A Figura 6.12 ilustra as relações entre o agente e o meio.

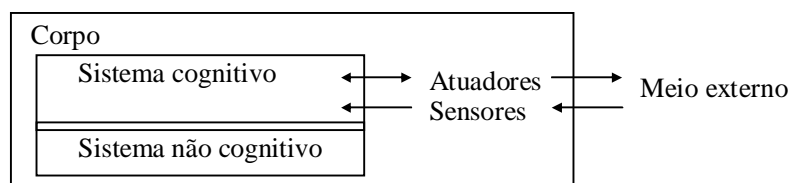


Figura 6.12 - Ilustração das entradas e saídas do agente (adaptado de MUÑOZ, 1998, p. 2)

A atividade que o sistema não cognitivo exerce para com o sistema cognitivo é a de gerar os objetivos para os quais o sistema cognitivo seleciona ou gera esquemas que são utilizados ou treinados para descobrir os meios pelos quais é possível satisfazê-los. Por sua vez, o sistema não cognitivo utiliza o sistema cognitivo para gerar novos objetivos que podem ser representados como estados das estruturas cognitivas.

O modelo de Muñoz permite a inserção de objetivos, considerados inatos. Isto possibilita que o agente direcione suas atividades na realização de objetivos definidos pelo projetista. Muñoz defende, mesmo existindo objetivos inatos, que o agente não perde sua autonomia, visto que ele pode construir novos objetivos a partir dos estados das estruturas cognitivas construídas em sua interação com o meio.

6.3.5 O trabalho de Perotto

Filipo Perotto (2004) propôs, em sua dissertação de mestrado, uma arquitetura para um *Agente Construtivista*, que é capaz de aprendizagem autônoma, baseada principalmente em um mecanismo indutivo de assimilação e acomodação. O agente aprende com suas experiências, e constrói hipóteses sobre elas, além de identificar regularidades do ambiente. A arquitetura do agente é composta por um corpo que possui uma mente, sensores e atuadores. A mente é constituída por um sistema emocional, e um sistema cognitivo dotado de mecanismos de aprendizagem. A Figura 6.13 ilustra a arquitetura do agente.

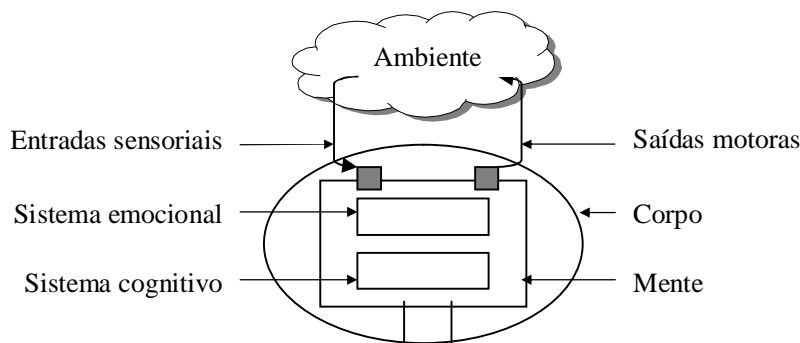


Figura 6.13 - Ilustração da visão geral da arquitetura do agente construtivista de Perotto

O corpo do agente possui um conjunto de propriedades cuja combinação de valores constitui um *estado interno*. O primeiro mecanismo que interage com o estado interno do organismo é o *sistema metabólico*. Esse sistema é composto por *funções metabólicas* que podem ser descritas como regras, do tipo {se <condição> então <ação>}. A cada instante de tempo, essas funções metabólicas são avaliadas e, quando as condições são satisfeitas, a ação é executada. A atividade do agente interfere em suas propriedades internas. A cada *ação externa* pode-se associar um *efeito interno*. É a situação em que, por exemplo, o agente pode cansar-se após grande atividade física.

A mente de um agente pode interferir no corpo, alterando propriedades internas. Essa função acontece normalmente a partir do sistema cognitivo uma vez que ele utiliza *atuadores internos* do corpo.

O sistema emocional também pode alterar as propriedades internas do agente. As emoções estão ligadas à alteração do seu estado corporal. Cada *emoção* possui um conjunto de *efeitos internos*, similares aos citados no caso das ações externas.

A integração corpo/mente e razão/emoção contribui para a autonomia do agente, visto que essas propriedades são entendidas como responsáveis por promover a intencionalidade enquanto resultado emergente de mecanismos próprios. É por este motivo que a mente do agente possui dois pólos de funcionamento: o sistema cognitivo, responsável pela construção do conhecimento do agente, e o sistema emocional, responsável por atribuir valor a este conhecimento.

O sistema emocional é composto por três subsistemas: o emocional, o avaliativo e o reativo. O *subsistema emocional* é composto por uma rede de *emoções*, onde cada emoção é ativada a partir da detecção de determinados contextos. A ativação de uma emoção leva à realização de alterações corporais, que são representadas por um conjunto de *efeitos internos*.

O *subsistema avaliativo* é composto por um conjunto de *gatilhos avaliativos* descritos como {condição, valor}. A condição é a verificação de um determinado contexto (ambiental, corporal ou mental), e o valor varia entre -1 e $+1$, e é acrescido a um somatório que representa a *sensação geral* do agente. As sensações são agradáveis quando positivas e desagradáveis quando negativas. A sensação geral é utilizada pelo sistema cognitivo como parâmetro para ações alternativas que possam levar o agente a situações mais agradáveis.

O *subsistema reativo* implementa os impulsos inatos do agente, ativados a partir da detecção de certos contextos. Os impulsos são responsáveis pelo desencadeamento de comportamentos externos. No entanto, eles não determinam a ação externa do agente; eles são usados como parâmetro para que o sistema cognitivo decida qual ação deve ser executada. É na ausência de outras referências que esta decisão pode decorrer do impulso.

O sistema cognitivo é o mecanismo responsável por organizar a experiência do agente em um sistema de conhecimento. Isto é feito através de um conjunto estruturas denominadas *Esquemas*. Um esquema é composto por três elementos {*Contexto*, *Ação*, *Expectativa*}. O *Contexto* é a representação das situações que o esquema é capaz de assimilar. A *Ação* representa a ação que o agente vai executar no ambiente se o esquema for ativado. A *Expectativa* representa o resultado esperado após a realização da ação.

Esses três elementos {*Contexto*, *Ação*, *Expectativa*} são constituídos por vetores que podem receber os valores “verdadeiro”, “falso” ou “não importa”, que são utilizados para verificar o grau de compatibilidade. Existe compatibilidade entre um esquema e uma determinada situação quando o vetor de *Contexto* do esquema apresenta todos os elementos “verdadeiros” ou “falsos” iguais aos do vetor da percepção do agente.

A situação em que o agente se encontra a cada momento (contexto percebido através dos sensores) é comparada com o *Contexto* do esquema, e este vai ser excitado se houver compatibilidade. Quando um esquema excitado é ativado, o sistema cognitivo faz com que ele execute sua *Ação*. A regulação acontece porque o mecanismo cognitivo verifica se o resultado é condizente com a *Expectativa* do esquema, onde a diferença serve como parâmetro para ajuste e avaliação do próprio esquema.

Quando a expectativa falha, o esquema mostra-se inadequado, então mecanismos de aprendizagem são ativados, a fim de restituir o equilíbrio cognitivo do sistema através de alguma modificação no esquema, ou no conjunto de esquemas. O conjunto de esquemas é organizado por uma estrutura hierárquica que constitui um conjunto de árvores.

A aprendizagem do agente ocorre através do aprimoramento dos esquemas, e visa torná-lo mais adaptado ao seu ambiente, através do aumento da capacidade de previsão das consequências de suas ações. Essa aprendizagem ocorre através de três métodos básicos, chamados *Diferenciação*, *Integração* e *Generalização de Expectativa*.

A *Diferenciação* acrescenta novos esquemas a fim de poder tratar novos casos sem perder o conhecimento já estabelecido para as situações já experimentadas. A *Integração* é o processo inverso da diferenciação. Ela elimina uma especialização de decisores, e é consequência da anulação de uma diferenciação já implementada. A *Generalização de Expectativas* modifica um esquema para adequar suas expectativas a um novo resultado.

Perotto elaborou um experimento onde cada célula em uma grade de células pode conter uma parede ou ser um espaço vazio. O agente só pode estar em espaços vazios, e tem capacidade de realizar três ações: andar uma célula para frente, ou virar-se para a esquerda ou para a direita. O agente anda livremente através das células vazias, mas colide se tentar andar na direção de uma parede que esteja na sua frente.

Feitos centenas de testes, Perotto constatou resultados interessantes. O agente, após algum tempo de interação com o ambiente, aprende as situações que o levam a diferentes estados emocionais. Com isso, ele passa a evitar os estados emocionais negativos, e realiza ações que o levam a estados emocionais positivos.

Em geral, passados alguns turnos de execução, o agente começa a ter um comportamento compatível com o valor emocional das situações. Este comportamento é resultado do aprendizado das situações vividas no ambiente, de onde se pode constatar sua inteligência (construção dos esquemas), e sua autonomia (objetivos gerados a partir de motivações internas).

7 O RePiarq: sua construção, definição, utilização e análise

O objetivo deste capítulo é apresentar e discutir um dos resultados do trabalho de tese, que é a definição de um conjunto de Requisitos Piagetianos para uma Arquitetura de Agentes Computacionais e Sistemas Multiagente denominado, a título de simplificação, *RePiarq*. O RePiarq constitui-se em um conjunto de requisitos que visam orientar a construção de sistemas multiagente tendo como fundamento a teoria de Jean Piaget.

O diferencial desta proposta é justamente este, ou seja, o conjunto de requisitos foi elaborado a partir de uma interpretação da teoria piagetiana tendo como objetivo a construção de agentes computacionais, ditos piagetianos, e sua organização em sociedade. Enfoca-se o aspecto da cooperação entre esses agentes, considerando uma interpretação da cooperação na ação definida por Piaget, e das trocas de serviços feitas por eles.

Como todo o trabalho de tese, também o RePiarq aqui proposto foi sendo definido a partir da realização de experimentos práticos fundamentados teoricamente na revisão bibliográfica que foi sendo feita, o que inclui, em especial, a teoria de Piaget. O RePiarq é, portanto, fruto deste trabalho de construção.

Este capítulo está dividido em cinco seções. A primeira contém o relato das atividades que foram realizadas ao longo da elaboração da tese e que contribuíram para a definição do RePiarq. Esta definição é feita na segunda seção utilizando uma terminologia específica retirada da obra de Piaget. Considerando que esta terminologia não é usual na área de agentes e multiagente, a quarta seção faz uma relação entre os requisitos do RePiarq e uma das arquiteturas mais clássicas da área, a BDI. Antes, porém, a terceira seção apresenta alguns comentários sobre o RePiarq do ponto de vista social. A última seção apresenta comentários sobre o RePiarq e as demais arquiteturas apresentadas no capítulo anterior.

7.1 Trabalhos anteriores rumo à especificação do RePiarq

O objetivo desta seção é apresentar alguns estudos e experimentos realizados ao longo do trabalho de tese que foram importantes tanto para aprofundar o conhecimento da autora sobre a temática pertinente, quanto para tomar decisões técnico-metodológicas quanto à especificação do RePiarq.

Esses estudos focaram principalmente o aprofundamento do conhecimento sobre estruturas operatórias, particularmente aquelas do período operatório-concreto (próximas duas subseções), sobre cooperação (últimas três subseções), e sobre as trocas de valores qualitativos (duas últimas subseções).

7.1.1 Estruturas operatórias e estruturas de dados

Este primeiro estudo visava fazer um paralelo entre as *estruturas operatórias lógico-matemáticas* e duas *estruturas de dados computacionais*. O objetivo foi o de verificar que aproximações poderiam ser feitas entre um aspecto e outro, além de poder exemplificar que, apesar de existirem diferentes formas de implementar um modelo teórico, a implementação pode ser feita de maneira aproximada ao modelo inicial.

Para este experimento, foram elaborados dois programas, e, em ambos os casos, optou-se por trabalhar com figuras geométricas e com os grupamentos de classes (que tinham sido estudados até então). As figuras envolvidas em ambos os experimentos eram círculos, triângulos, quadrados, trapézios retângulos e trapézios isósceles. Cada uma dessas figuras era

de uma determinada cor, e podiam ser pequenos, médios ou grandes, com textura lisa ou rugosa, 2D ou 3D.

O primeiro programa realizava a classificação das figuras geométricas, empregando a técnica denominada *sistemas de produção*⁹¹. O segundo programa realiza a classificação das mesmas figuras geométricas, empregando a técnica denominada *árvores de discriminação*⁹², implementada recursivamente⁹³.

Concluiu-se que existem diversas maneiras de definir e implementar um algoritmo correspondente a um modelo teórico. Conforme as especificidades do que se pretende mostrar ou compreender, algumas opções em termos de técnicas computacionais são melhores em relação a outras. O funcionamento do primeiro programa, como já esperado, mostrou-se totalmente fixo, pré-determinado. O segundo programa apresentou melhorias deste ponto de vista (RIZZI, 2004).

7.1.2 Agentes computacionais e grupamentos lógico-matemáticos

No contexto do estudo sobre agentes computacionais, o *primeiro experimento* realizado envolveu investigações sobre classificações e relações qualitativas. Ele foi idealizado tendo como objetivo aprofundar os estudos a respeito dos grupamentos lógico-matemáticos.

Este experimento foi dividido em duas partes: a primeira envolvendo o estudo dos grupamentos de classes (RIZZI; DONADUZZI; WELTER, 2003) e a segunda o grupamento das relações (DONADUZZY; RIZZI, 2004).

Ambos os protótipos implementados foram inspirados em algumas provas em que Piaget e Inhelder utilizaram formas geométricas bidimensionais (superfícies circulares, quadradas, triangulares, etc., de cores diferentes) e solicitaram a crianças que realizassem várias atividades a exemplo de “reunir o que se parece” (PIAGET; INHELDER, 1983a, p. 36 e seguintes).

Nos protótipos, essas figuras podem ser organizadas de diversas maneiras, como, por exemplo, por suas cores, tamanhos, formas, quantidade de lados, etc. Nele há uma matriz que simboliza uma mesa onde são dispostas as figuras com as quais se quer operar. São atribuídas propriedades (lados, tamanho e cor) às figuras selecionadas para comporem uma prova. Em seguida seleciona-se o problema a resolver, que pode ser, por exemplo, reunir as “figuras com quatro lados” e de cor “azul”. Feito isto, o protótipo realiza as operações necessárias para a solução do problema.

Foi necessário, para realizar este experimento, aprofundar os estudos sobre os grupamentos lógico-matemáticos, particularmente as explicações constantes da obra *Lógica*

⁹¹ Sistemas de produção consistem em combinar alternativas usando uma das estruturas de decisões mais elementares da programação de computadores, chamada *Se, Então, Senão*.

⁹² Árvore de discriminação é uma técnica usada em IA cuja estrutura de dados empregada é denominada árvore de decisão. Uma estrutura em árvore (um tipo especial de grafo) é composta por nodos e arcos. Pode-se dizer que uma árvore de decisão é capaz de modelar o raciocínio de um indivíduo (especialista ou não) em especial, o raciocínio que apresenta muitas alternativas e estas se ramificam em outras. Nas árvores de discriminação, cada nodo intermediário corresponde a uma pergunta sobre a propriedade do objeto e representa um atributo; cada arco corresponde a um valor de atributo; cada nodo final corresponde a um conjunto da mesma classe, sendo que vários nodos podem pertencer a uma mesma classe. Percorrendo a árvore, ou seja, respondendo as questões dos nodos intermediários e seguindo as ligações correspondentes, chega-se a um nodo final que é a classe do objeto.

⁹³ Um algoritmo que, para resolver um problema, divide-o em subproblemas mais simples, cujas soluções requerem a aplicação dele mesmo, é chamado recursivo (PEREIRA, 1996, p. 145).

Operatória (PIAGET, 1976). Também foi possível, com este experimento, observar que a solução de cada problema constitui um grupamento particular, que atende às normas operatórias (composição, inversa, idêntica geral, idêntica especial - tautologia e reabsorção – associatividade) e a reversibilidade (por inversão ou por reciprocidade) dos grupamentos operatórios.

Do ponto de vista das operações cognitivas feitas pelo indivíduo, compreendeu-se que o “*grupamento solução*” prolonga e completa as relações já grupadas a partir do grupamento original, subdividindo, diferenciando, enfim, adaptando-o ao problema em questão. É assim que, neste período, o indivíduo, pela sua ação prática, constrói para si os grupamentos elementares e, a partir deles, adapta-os aos problemas e desequilíbrios que sua interação lhe impuserem. À capacidade de lidar com classes e relações já adquirida, podem ser incorporados novos elementos, sem, no entanto, abalar a solidez do todo cognitivo, visto que o novo se harmoniza com o conjunto (RIZZI; COSTA; FRANCO, 2004).

7.1.3 Agentes computacionais cooperativos e raciocínio baseado em casos

Ao estudar com maior profundidade as explicações dadas por Piaget para o funcionamento do mecanismo de esquemas, uma questão bem elementar (e com certeza uma das mais difíceis) se colocava: como construir computacionalmente estruturas semelhantes? A revisão bibliográfica mostrou que esforços foram feitos neste sentido, a exemplo dos trabalhos de Drescher, Stojanov, Wazlawick, Muñoz, e Perotto, descritos anteriormente, cada um deles empregando ou não técnicas de IA.

Após realizar uma revisão bibliográfica sobre técnicas computacionais que pudessem contribuir para implementar computacionalmente os mecanismos de esquemas, uma delas mostrou-se bastante promissora, qual seja, o Raciocínio Baseado em Casos (RBC)⁹⁴.

O motivo de esta técnica chamar a atenção refere-se ao fato de que ela se funda na idéia, perfeitamente compatível com a de Piaget, de que uma das maneiras usadas pelos seres humanos para resolver problemas é empregando e adaptando o conhecimento adquirido anteriormente, em situações semelhantes. Assim, o estudo desenvolvido visava realizar experimentos com agentes computacionais cujos esquemas fossem implementados usando RBC (CARDOSO; RIZZI, 2003).

Neste experimento, o sistema era composto por dois agentes. Um deles era capaz de perceber todo o ambiente e reconhecer os objetos nele existentes, inclusive o outro agente, mas não possuía mãos ou quaisquer outros membros que lhe permitissem realizar atividades. O outro agente não era capaz de perceber o ambiente (ele era cego), mas possuía mãos para executar atividades. Eles se comunicavam utilizando um conjunto de primitivas que lhes eram comuns para, através delas, efetuar os planos necessários para a realização das atividades conjuntas no ambiente.

Esta situação de dependência mútua dos agentes foi interessante para os propósitos deste trabalho, visto que as atividades realizadas no ambiente só seriam efetivadas se houvesse cooperação. Nenhum dos agentes era capaz realizá-las individualmente. Estes

⁹⁴ O RBC é um paradigma para solução de problemas e que favorece a aprendizagem por experiência. Sua fundamentação, metodologia e abordagens utilizadas neste experimento foram aquelas sistematizadas por (AAMODT; PLAZA, 1994). A idéia básica é que um novo problema se resolve lembrando uma situação similar, ou seja, usando a informação e o conhecimento empregados naquela situação anterior, ajustando-os para esta nova situação. Assim, no RBC há um ciclo: aproveitam-se experiências anteriores para resolver novos casos, e esses novos casos são memorizados e utilizados para resolver outros novos casos.

agentes foram concebidos fundados em uma interpretação da arquitetura BDI, e seus desejos (objetivos) eram os de construir pontes, casas e muros.

O funcionamento básico do sistema implementado era o seguinte: inicialmente era definido um cenário contendo vários objetos, escolhidos pelo usuário, a exemplo de pedras que permitem a construção de muros e/ou pontes, tábuas que viabilizam o trampolim que ligaria ambas as margens do rio, telhados, portas, etc.

A estrutura cognitiva do primeiro agente foi definida empregando a técnica RBC, e portanto, era este agente que acessava a base de casos. Em sua estrutura foram previamente inseridos os procedimentos necessários apenas para os seguintes três casos: construir uma ponte, construir uma casa e construir um muro.

Assim, o primeiro agente ao perceber o ambiente buscava, em sua base, o caso mais semelhante, ou seja, aquele caso que havia sido resolvido utilizando aqueles objetos disponíveis no ambiente. Portanto, era o conjunto dos objetos percebido por ele que compunha o índice que caracterizava cada caso armazenado. O agente então analisava a situação e decidia qual solução era mais viável (como, por exemplo, uma ponte, uma ponte e uma casa, duas casas, etc.) utilizando os objetos disponíveis.

Se o caso atual era idêntico a um caso armazenado, ele aplicava diretamente a solução já existente, senão ele a adaptava para a situação atual, definindo o plano de ação. A partir de então os agentes, que coordenavam suas ações através da comunicação, executavam o plano. O primeiro agente fornecia as coordenadas bem como a seqüência de execução das atividades e o segundo agente as colocava em prática. O objetivo era alcançado quando construído o que fosse possível com os objetos disponíveis. Se este constituía um novo caso, ou seja, se este caso não era exatamente igual aos casos já armazenados, ele era armazenado na base de casos.

Com este experimento pode-se perceber que a técnica RBC é bastante promissora em se tratando de tentar estabelecer um mapeamento entre o modelo teórico proposto por Piaget para o funcionamento básico das estruturas de esquemas e sua respectiva implementação computacional, por dois motivos em especial. Primeiro porque um caso pode ser interpretado como sendo um esquema ou composto por um conjunto de esquemas. Segundo, porque esta técnica permite a geração de novos casos em decorrência das interações, tal como ocorre nos seres humanos quando da constituição de novos esquemas.

7.1.4 Agentes computacionais cooperativos e valores qualitativos I

O objetivo deste experimento foi o de modelar, implementar e analisar uma abordagem para realizar a cooperação entre agentes computacionais empregando a Teoria dos Valores Qualitativos, definida por Piaget. Para isso se pretendia também construir, em um cenário, uma ponte sobre um rio. Os agentes teriam necessariamente que cooperar entre si a fim de executar essa construção (SCHEFFER; RIZZI, 2003).

O protótipo implementado incluía dois agentes que eram entendidos como pertencentes a uma sociedade e, como tal, formava um sistema composto por *regras, valores e sinais*. As regras eram as normas cuja finalidade era a de manter o equilíbrio das trocas. Os sinais eram os elementos utilizados para viabilizar a comunicação. Os valores eram os serviços que podiam ser prestados mutuamente.

A arquitetura utilizada para modelar os agentes era uma interpretação da arquitetura BDI. As crenças, desejos e intenções decorriam de dois conjuntos de valores: os provenientes da escala de valores da sociedade (escala social), e os provenientes das escalas de valores individuais (escala individual).

A escala social era empregada para definir os valores aceitos naquela sociedade. A regra utilizada neste protótipo era a da reciprocidade. Os valores considerados eram “ser cooperativo” e “ser construtor” uma vez que essas características eram bem vistas no contexto social. Os sinais constituíam o conjunto de primitivas empregadas por todos os indivíduos daquela sociedade para fins de comunicação.

O mapeamento desses significados para a arquitetura BDI ocorreu da seguinte maneira: as crenças representavam o que a sociedade sabia sobre o estado do ambiente, inclusive sobre si mesma. Então a sociedade acreditava na reciprocidade entre os agentes, e que todos se comunicavam de maneira padronizada. Os desejos representavam estados interessantes para a sociedade, por exemplo, a existência de recursos sociais como uma ponte, para serem utilizados pelos agentes dela habitantes. As intenções refletiam o compromisso daquele pequeno grupo de agentes, cujo único propósito (compromisso) era construir.

A escala individual era empregada para definir os valores de cada um dos agentes da sociedade. As regras e os sinais eram herdados das regras e sinais da sociedade (reciprocidade e primitivas de comunicação). Os valores individuais representavam os valores que eram atualizados conforme um agente prestava serviço a outro.

O mapeamento desses significados para a arquitetura BDI ocorreu da seguinte maneira: as crenças representavam o que o agente sabia sobre o estado do ambiente, sobre os outros agentes, e sobre si mesmo. Sendo assim, cada agente acreditava na reciprocidade entre agentes, e no uso das primitivas comuns de comunicação. Cada agente percebia o ambiente como um todo. Os desejos representavam estados interessantes para a sociedade, que conseqüentemente eram de interesse para os próprios agentes.

Quando uma intenção era satisfeita, mudava o estado do ambiente. Sendo assim, um novo ciclo se iniciava: o agente percebia as mudanças, e em seguida ocorria a revisão de crenças; uma função (gera-opções) verificava as possibilidades (desejos) a partir da revisão das crenças; uma função (filtro) atualizava as intenções com base nas novas crenças e desejos. Dentre o conjunto de intenções, uma função (ação) verificava qual ação a ser executada transformaria a intenção em realização (ver Figura 5.2, no capítulo cinco).

As intenções individuais constituíam o comprometimento do agente para com a construção da ponte. As intenções contemplam aspectos de como executar as ações (planos) em forma de *roteiros*⁹⁵, como, por exemplo: 1) perceber o ambiente; 2) verificar se os objetos nele disponíveis eram suficientes para que a ponte fosse construída; 3) solicitar ajuda de outro agente; 4) decidir sobre qual objeto deslocar considerando o menor esforço; 5) sobrepor os objetos conforme uma dada seqüência; 6) testar a ponte construída.

Dentre os testes realizados, dois deles foram os mais interessantes: quando existiam objetos suficientes para a construção da ponte e a escala de valores dos agentes em um primeiro teste eram iguais, e no segundo teste eram diferentes. No primeiro caso, os agentes conseguiram construir a ponte, e as respectivas valorizações (créditos) e reconhecimentos (dívidas) se apresentaram equivalentes ocorrendo um equilíbrio nas trocas.

No segundo caso, os agentes tinham escalas de valores significativamente diferentes. Um agente dava mais valor aos serviços prestados por ele, do que aos serviços recebidos do outro agente. Ocorriam desequilíbrios nas trocas, e, nos casos críticos, comprometia o processo de cooperação, visto que os valores constituíam a motivação do agente a agir e,

⁹⁵ Roteiros são mecanismos utilizados no contexto da Inteligência Artificial para representar conhecimento. Eles se fundam na noção de que as pessoas, ao enfrentarem uma nova situação, guardam um repertório dos comportamentos para situações similares. Por exemplo, o roteiro de fazer compras no supermercado é muito semelhante, independentemente dos itens a serem adquiridos e do supermercado onde a compra é efetuada.

mesmo estando comprometido com a construção da ponte e sendo este um estado interessante para a sociedade, o agente desistia de cooperar.

Este experimento foi interessante no contexto da tese, visto que viabilizou a verificação prática de diversos conceitos importantes para a especificação do RePiarq, dentre eles a organização social e individual dos agentes (regras, valores e sinais sociais e individuais), o processo de cooperação e a utilização dos valores de troca como elementos motivadores das ações dos agentes.

7.1.5 Agentes computacionais cooperativos e valores qualitativos II

A modelagem deste experimento foi realizada empregando uma primeira aproximação do conjunto de requisitos piagetianos para agentes computacionais e sistemas multiagente, proposto neste trabalho e apresentado na Seção 6.4.2.

Semelhantemente ao experimento apresentado na seção anterior, o objetivo deste experimento também foi o de modelar, implementar e analisar uma abordagem para realizar a cooperação entre agentes computacionais empregando a Teoria dos Valores Qualitativos. Também se modelou um cenário, para nele construir uma ponte sobre um rio através do trabalho cooperativo dos agentes (SILVEIRA; RIZZI; CASTRO, 2005).

Neste protótipo existiam cinco agentes que eram entendidos como pertencentes a uma sociedade. Um dos agentes, denominado *AgenteConstrutor*, tinha a função de coordenar os trabalhos dos demais agentes, uma vez que conhecia o processo de construção da ponte. Os demais quatro agentes, denominados *AgentesTrabalhadores*, tinham como objetivo executar trabalhos coordenados pelo *AgenteConstrutor*. A sociedade foi organizada de maneira que a relação destes agentes seguia a estrutura do tipo mestre/escravo⁹⁶. Cada agente conhecia as suas habilidades e a dos outros e conversava diretamente com o agente do qual necessitava ou contribuía cooperativamente.

Os *AgentesTrabalhadores* possuíam habilidades diferentes para realizar trabalhos pesados, tais como carregar pedras grandes, médias, pequenas e tábuas, além de construir a ponte conforme as ordens do *AgenteConstrutor*. Os *AgentesTrabalhadores* não eram capazes de realizar sozinhos qualquer tarefa, e por isso dependiam uns dos outros para alcançarem seus objetivos. Os *AgentesTrabalhadores* aceitavam trabalhar, cooperando na construção da ponte, pois acreditam que a mesma traria benefícios para a sociedade. Além disso, em decorrência de cada trabalho realizado, recebiam uma quantidade de créditos, representando seu pagamento pelo trabalho. Esses valores podiam ser ajustados na tela do programa antes do início da simulação. Assim, os agentes podiam ter prioridades iguais ou diferentes para procurar e para carregar determinado objeto.

A cada etapa (carregar as pedras e a tábua) da execução conjunta da construção da ponte, considerada como uma troca de serviços realizada pelos agentes, eles atualizam suas escalas de valores individuais com relação aos valores reais e virtuais, conforme uma interpretação do que foi definido por Piaget.

A motivação para o início do processo era a necessidade de construção da ponte. Uma operação de um *AgenteTrabalhador* sobre o ambiente era iniciada quando funções observáveis captavam as informações provenientes do ambiente e alimentavam o mecanismo

⁹⁶ Nas arquiteturas do tipo mestre/escravo existem duas classes de agentes: os gerentes (mestres) e os trabalhadores (escravos). Os agentes trabalhadores são coordenados por um gerente que distribui as tarefas entre estes e espera o resultado.

da *percepção*. Além da percepção, cada agente possuía *memória*, o histórico de dívidas e créditos que ele tinha e os *modelos social e individual* dos agentes.

Através dos mecanismos de percepção e memória, o agente estabelecia algumas possibilidades de ação, as *tendências*, ou seja, as possibilidades de solicitar cooperação ou de prestar cooperação para com outro agente. Durante a execução do programa, em alguns momentos, um *AgenteTrabalhador* qualquer podia ter mais que uma solicitação de cooperação, além de ter a possibilidade de continuar realizando a tarefa ordenada pelo agente construtor. Essas possibilidades de ação caracterizavam as tendências do agente. A *vontade* do agente era decidida considerando informações que ele possuía sobre suas dívidas com os agentes que solicitavam sua cooperação, e sobre a dívida do agente que ele escolhia cooperar possuía para com ele.

Para que a ação fosse executada, cada agente levava em consideração suas regras, sinais, cognição e atuadores. As *regras* parametrizavam a conduta do agente que era a de ser cooperativo com os demais. Os *sinais* eram utilizados para que o agente se comunicasse com outros agentes no ambiente. A *cognição* determinava como o agente iria executar a ação, ou seja, quais subtarefas deveriam ser realizadas para que a ação fosse completada. Os *atuadores* eram os mecanismos com os quais os agentes manipulavam os elementos do ambiente.

Foram realizados vários tipos de testes, sendo que cada um deles foi executado pelo menos vinte vezes, e a seguir são feitos comentários sobre três deles. No primeiro teste foi alternada a quantidade de créditos recebidos para realizar cada tarefa, para cada um dos agentes, considerando que possuíam dívidas anteriores. Na maioria dos casos (70% a 80%), os agentes terminavam a construção da ponte com sua dívida de 50% a 70% paga.

No segundo teste, foi alternada a prioridade de execução das tarefas para cada um dos agentes, e o agente com maior prioridade foi deixado sem dívida para com os demais. Ao final da construção da ponte, os agentes estavam em uma situação razoavelmente equilibrada um em relação aos outros, não existindo grandes diferenças de débitos e créditos.

No terceiro teste, foram atribuídos créditos iguais para todos os agentes para a execução das tarefas. Como os agentes possuíam as mesmas prioridades na realização das tarefas, eles estavam sempre tentando equilibrar as trocas, ou seja, quando um recebia auxílio em uma tarefa, na outra, este agente auxiliava aquele a quem lhe solicitava.

7.2 Requisitos piagetianos para uma arquitetura de agentes e sistemas multiagente: do ponto de vista individual

Uma sociedade, definida segundo o conjunto de Requisitos Piagetianos para uma Arquitetura de Agentes e Sistemas Multiagente, o RePiarq, é constituída por agentes dotados de uma estrutura que contempla, como mencionado por Piaget, *regras, valores e sinais* convencionais. De modo geral, as *regras* regulam comportamentos, os *valores* são noções qualitativas que influenciam na definição de interesses e avaliações, e os *sinais* são elementos que viabilizam a expressão na sociedade.

Mas especificamente, há dois conjuntos de regras, valores e sinais: os pertencentes à sociedade, denominados *sociais*, e os pertencentes a cada agente, denominados *individuais*. Esses dois conjuntos atuam influenciando-se mutuamente. A Figura 7.1 ilustra essa relação.

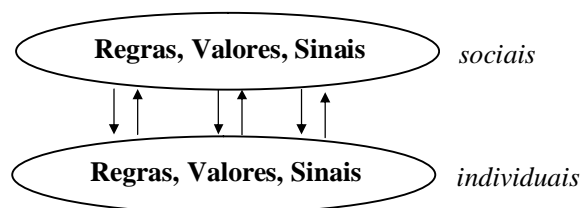


Figura 7.1 - Ilustração da mútua influência das regras valores e sinais sociais e individuais

O primeiro conjunto caracteriza as regras, valores e sinais sociais que constroem⁹⁷ os indivíduos que habitam na sociedade. Trata-se de informações que são de conhecimento de seus habitantes e visam parametrizar as atividades realizadas por eles. O segundo conjunto constitui as regras, valores e sinais individuais que caracterizam e diferenciam os indivíduos da sociedade, e são construídos e atualizados a partir das interações sujeito/sujeito e sujeito/objeto que o agente realiza no ambiente, ao longo de sua existência, ou ao longo de uma certa situação (período de início e fim de uma execução).

Genericamente, em um ambiente *A*, no qual habita uma sociedade *S* onde coexistem regras, valores e sinais sociais e individuais, um agente *XI* também possui:

- 1) *Percepção*, ou seja, uma capacidade determinada de captar informações do ambiente através dos observáveis e das coordenações⁹⁸.
- 2) *Memória*⁹⁹, local onde ficam armazenadas informações diversas a exemplo da seqüência das interações já realizadas e do mecanismo de registro e acumulação de valores de troca.
- 3) *Tendências*¹⁰⁰ que são as possibilidades de ação.
- 4) *Interesse*¹⁰¹, que é uma energia ou força aplicada na realização de uma ação.

⁹⁷ O termo “constrangimento” é empregado no sentido dado por Lalande, de “[...] tudo o que entrava a liberdade de ação de um ser, quer seja do exterior, quer seja mesmo do interior” e “[...] especialmente o constrangimento que todo indivíduo experimenta pelo fato de viver em sociedade.” (LALANDE, 1999, p. 200).

⁹⁸ Para Piaget, um “[...] observável é aquilo que a experiência permite constatar por uma leitura imediata dos fatos por si mesmos evidentes” e “[...] uma coordenação comporta inferências necessárias e ultrapassa a fronteira dos observáveis.” (PIAGET, 1976a, p. 46).

⁹⁹ O termo “memória” é empregado aqui no sentido computacional, relativo a um dispositivo onde dados podem ser introduzidos, conservados e recuperados posteriormente. O significado de memória dado por Piaget é completamente diferente. Ele denomina memória “[...] às reações relativas a reconhecimentos (em presença do objeto) ou a evocações (em sua ausência), das quais o primeiro critério distintivo é uma referência explícita ao passado: o sujeito reconhece um objeto ou uma seqüência de acontecimentos se ele tem a impressão de já tê-los visto antes (pode estar certo ou errado, porque existem os falsos reconhecimentos); e a imagem-lembrança, na evocação mnêmica, se diferencia da imagem representativa em geral (reprodutora ou antecipadora), porque ela se faz acompanhar de uma localização no passado (global ou particular, correta ou errada) que se manifesta pela impressão do já vivido ou já percebido em um certo momento do tempo (mesmo que não seja localizável) e não apenas do conhecimento em geral e ainda menos do previsto.” (PIAGET, 1979a, p. 6).

¹⁰⁰ Para Piaget, o termo “tendência” tem sentido semelhante àquele dado por André Lalande; tendência é a “[...] potência de ação dirigida num sentido definido, mas que não se atualiza, ou pelo menos não se atualiza inteiramente, quer porque as condições apropriadas não estão reunidas, quer porque um obstáculo a detenha ou a retarde, quer finalmente, porque pela sua própria natureza apenas comporte um desenvolvimento gradual.” (LALANDE, 1999, p. 1119).

- 5) *Compromissos* são operações com as quais o agente se compromete com relação a outros agentes.
- 6) *Vontade*¹⁰², que é um mecanismo utilizado para a tomada de decisão.
- 7) Um mecanismo *cognitivo* constituído por esquemas de ação¹⁰³.
- 8) *Planos*¹⁰⁴, que são seqüências de ações que constituem operações.

A combinação desses elementos caracteriza individualmente cada agente. A Figura 7.2 ilustra essas noções.

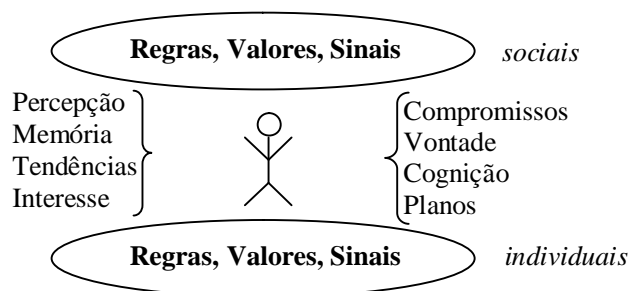


Figura 7.2 - Ilustração de um agente modelado com o RePiarq

Além de caracterizar individualmente cada agente, *percepção*, *memória*, *tendências*, *interesse*, *compromissos*, *vontade*, *cognição* e *planos*, incluindo regras valores e sinais sociais e individuais determinam a *conduta* do agente no ambiente. Conduta no sentido dado por André Lalande (LALANDE, 1999) e por Pierre Weill (WEILL, 1967), que corroboram os sentidos utilizados por Piaget em diversas obras.

Para Lalande, conduta provém de conduzir, governar, dirigir, e, portanto, conduzir-se é governar-se e não deixar-se levar por instintos ou impulsos. Complementando esta concepção, Weil lembra que este termo é utilizado para caracterizar, do ponto de vista da psicologia, experiências realizadas por um experimentador que tem controle sobre a situação experimental e, por isso mesmo, pode repeti-la com outros indivíduos. Assim é possível tornar essas experiências como elementos de investigação científica positiva.

Para este trabalho, *conduta*¹⁰⁵ significa um conjunto de operações lógicas (no sentido piagetiano) de um agente, que pode ser abordado cientificamente. É por este motivo que a conduta é considerada aqui como o elemento decorrente das relações entre percepção,

¹⁰¹ Para Piaget, interesse é aquilo que é importante e vantajoso a um indivíduo, e, como tal, faz gerar energia e força para viabilizar sua realização. No contexto deste trabalho, o interesse é uma energia ou força que o agente aplica na realização uma ação.

¹⁰² A vontade é a operação que atua a partir da influência de tendências, compromissos, valores e regras, decidindo efetivamente sobre qual ação deve ser executada. O sentido deste termo dado por Piaget é mais restrito. Pare ele, “[...] quando o dever é momentaneamente mais fraco que um desejo definido, ela restabelece os valores segundo sua hierarquia anterior e postula sua conservação ulterior, fazendo, assim, primar a tendência de menor força, reforçando-a.” (PIAGET, 1980, p. 61).

¹⁰³ O termo “esquema de ação” é empregado aqui no sentido piagetiano. Para ele, esquema de ação é o que, “[...] numa ação, é assim transponível, generalizável ou diferenciável de uma situação à seguinte, ou seja, o que há de comum nas diversas repetições ou aplicações da mesma ação.” (PIAGET, 2000, p. 16).

¹⁰⁴ Planos são seqüências ordenadas de operações (ou esquemas de ação) e meios destinados a atingir um fim.

¹⁰⁵ Do ponto de vista computacional, a conduta pode ser entendida como um ou mais procedimentos que são implementados a fim de viabilizar a ação do agente no ambiente.

memória, tendências, interesse, compromissos, vontade, cognição e planos, influenciado por regras, valores e sinais sociais e individuais.

O termo conduta, normalmente associado a outro (por exemplo, *conduta cooperativa*), sintetiza a maneira pela qual o agente se conduz no ambiente. Uma conduta pode ser composta por uma ou mais operações (no sentido piagetiano). Uma operação de um agente no ambiente segue a dinâmica mostrada pela Figura 7.3:

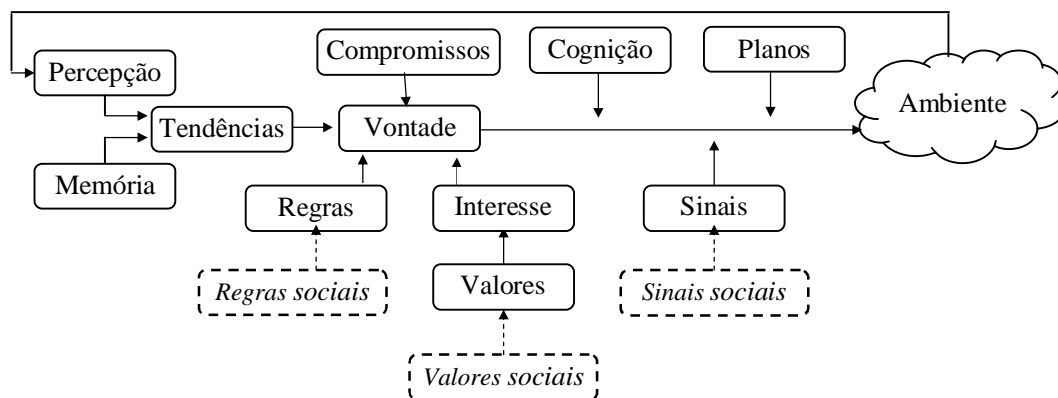


Figura 7.3 - Ilustração dos elementos envolvidos em uma operação feita por um agente

Uma operação do agente sobre o ambiente é iniciada quando funções responsáveis pelos observáveis e pelas coordenações captam informações provenientes do ambiente e alimentam o mecanismo da *percepção*. Além da percepção, a *memória*, que contém várias informações (como o histórico das operações já realizadas pelo agente e o mecanismo de registro e acumulação de valores de troca), é utilizada pelo mecanismo das *tendências* a fim de alimentar a vontade com as possibilidades de ação.

A *vontade* decide qual ação deve ser executada a partir dessas informações recebidas pelas tendências, considerando os compromissos, interesses e regras do agente.

O *interesse* é a energia ou força que o agente aplica para realizar uma ação. Ele decorre dos valores porque é a escala de valores do indivíduo que define as prioridades e direciona as ações e pensamentos do indivíduo, e o interesse é a energia ou força empregada nessas ações e nesses pensamentos.

Os *compromissos* são as obrigações assumidas pelo agente em relação a outros agentes e como tal implicam o reconhecimento por parte dele em ser fiel em sua execução.

As *regras* individuais representam as regras adotadas pelo agente, com as quais ele se compromete em cumprir.

Os *valores* representam a escala de valores individual do agente, ou seja, um conjunto de noções qualitativas que são utilizadas como parâmetro tanto para determinar o interesse do agente, quanto para que ele possa avaliar as situações em que se encontra. Tanto as regras quanto os valores sociais exercem pressão sobre as regras e valores individuais.

Para que esta ação seja executada, são utilizados a cognição, os sinais e os planos do agente. A *cognição* é o mecanismo empregado para viabilizar que o agente atue de maneira

lógica¹⁰⁶ no ambiente. Ela contém os esquemas de ação do agente. É através dela que o agente identifica e define as operações que serão realizadas por ele para que aquela ação seja executada com êxito. Portanto, essas operações representam aquilo que o agente sabe fazer.

Assim como as regras, os valores e os sinais, também a cognição do agente vai sendo construída a partir das interações (sujeito/sujeito e sujeito/objeto) que ele realiza no ambiente. Esse dinamismo é complexo, e neste trabalho ele é assumido como construído conforme as explicações dadas por Piaget para esta construção e cuja síntese foi apresentada no capítulo dois.

Quando as operações são organizadas em uma seqüência coerente, e identificados e associados os meios necessários para atingir um fim, elas são denominadas *planos*. E existem dois tipos de planos: os planos individuais e os sociais. Os *planos individuais* são aqueles que o agente emprega para executar individualmente uma operação que ele sabe fazer, ou seja, quando um ou mais esquemas de ação que ele possui são suficientes para realizar aquela operação. Portanto, um plano individual é constituído por uma seqüência coerente de esquemas de ação a serem executados pelo agente.

Os *planos sociais* são aqueles que são definidos no meio social, quando é necessário que um ou mais agentes em conjunto realizem uma operação, ou seja, quando a cooperação na ação se faz necessária. Os planos sociais também são uma seqüência lógica de operações que os agentes parceiros na cooperação sabem fazer (esquemas de ação), associados aos meios necessários para realizá-las; trata-se de operações que decorrem dos compromissos assumidos pelo agente com relação a outros agentes. Portanto, nos planos sociais são identificados pelo menos os responsáveis pelas operações, a seqüência em que devem ser executadas, a situação de cada operação (executada ou não) e as relações de dependências¹⁰⁷.

Os *sinais* viabilizam a expressão na sociedade. São utilizados para que o agente reconheça símbolos no ambiente, bem como se comunique com outros agentes. Normalmente, grande parte dos sinais utilizados pelo agente decorre dos sinais sociais convencionais, visto que eles exercem grande influência na composição dos sinais assumidos por ele como individuais.

Esses são, do ponto de vista deste trabalho, os principais elementos necessários para a construção de um agente piagetiano, e que dão sustentação às interações realizadas por ele, sintetizadas em forma de operações, vistas do ponto de vista sincrônico.

Esses elementos constituem o conjunto de Requisitos Piagetianos para uma Arquitetura de Agentes e Sistemas Multiagente, o RiPiarq, que, em linhas gerais, visa fornecer uma orientação conceitual com relação à modelagem de agentes computacionais piagetianos. Esta macroabordagem decorre, simultaneamente, de uma conseqüência e de uma intenção.

Trata-se de uma conseqüência, visto que o RePiarq constitui a melhor aproximação a um agente piagetiano que se conseguiu fazer através dos estudos e pesquisas realizados durante o desenvolvimento da tese e, como tal, é um trabalho que pode e deve ser melhorado. Trata-se de uma intenção, uma vez que esta macroabordagem ao RePiarq pode instigar sua própria melhoria, através de aprofundamentos, esclarecimentos, especificação de componentes, etc., especialmente através de novas interpretações e complementações decorrentes de estudos e pesquisas relacionadas.

¹⁰⁶ O termo “lógica” é utilizado no sentido piagetiano, como apresentado no capítulo dois. Porém, em síntese, para Piaget, um indivíduo lógico é aquele que apresenta “[...] coerência de atitudes, de reações afetivas e que conseqüentemente alguém poderia nele confiar” (PIAGET, 1999, p. 1).

¹⁰⁷ Relações de dependência identificam as operações pré-requisitos, ou seja, aquelas operações que precisam ser executadas para que outras também o possam ser.

Contudo, como o presente trabalho está voltado à questões relacionadas à cooperação, a seguir são feitos comentários sobre como se concebeu a cooperação na ação, já considerando agentes modelados através do RePiarq.

7.2.1 A cooperação na ação nas trocas de serviços

Considerando que o processo de cooperação na ação constitui uma alternância e/ou sincronização das operações realizadas por cada um dos agentes que atuam conjuntamente, e supondo que, em um ambiente A , existe uma sociedade S regida por regras, valores e sinais sociais que constroem os indivíduos $X1$, $X2$ e $X3$ caracterizados por suas condutas, e estes executam duas operações cada um, a representação dessas operações são ilustradas pela Figura 7.4. Nesta figura está evidenciada esta alternância e sincronização das operações realizadas pelos parceiros.

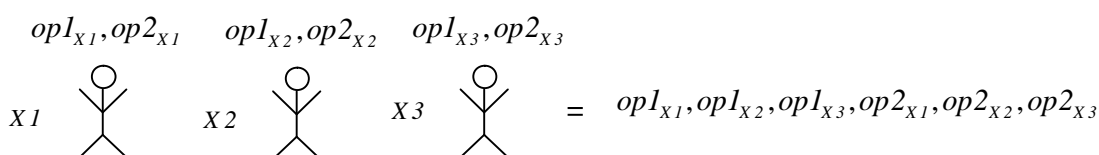


Figura 7.4 - Ilustração do processo de cooperação realizado por três agentes

O conjunto dessas operações constitui um sistema reversível que obedece às leis dos grupamentos operatórios, o que inclui as operações direta, inversa, idêntica geral, idêntica especial (tautologia e reabsorção), e associatividade.

É assim que uma operação é entendida no contexto do RePiarq, como o conjunto de ações realizadas pelo agente e que possuem um sentido completo, como, por exemplo, a modificação do estado do ambiente. Como uma operação pode ser composta por uma ou mais ações, é o agente que manifesta a conclusão de uma operação realizada por ele. Esta identificação da conclusão de operações permite que demais agentes participantes do processo possam acompanhar a realização de cada operação, e permite também que um observador externo¹⁰⁸ acompanhe a cooperação na ação realizada por todos eles.

Para este trabalho, optou-se por conceber que, no processo de cooperação na ação, estão presentes exclusivamente as trocas de serviços. Isto porque é a elas que Piaget dedicou atenção quando propôs seu Ensaio sobre a Teoria dos Valores Qualitativos em Sociologia estática (“Sincrônica”), (PIAGET, 1973), cujos principais aspectos foram apresentados no capítulo três. As informações decorrentes deste processo são armazenadas em um mecanismo de suporte à inteligência social (descrito na Seção 9.2) componente da *memória* (um dos elementos constitutivos do RePiarq, ilustrado na Figura 7.3).

Piaget modelou as trocas de valores equilibradas considerando dois momentos distintos: um em que um indivíduo $X1$ presta serviço ao indivíduo $X2$, e outro, em que o indivíduo $X1$ cobra de $X2$ o serviço prestado a ele. Em cada um desses momentos ocorrem quatro etapas de troca. O primeiro momento e suas quatro etapas são as seguintes:

¹⁰⁸ A observação das operações realizadas pelos agentes pode ser feita por um observador externo de acordo com o sistema implementado. É possível, por exemplo, através de um ambiente gráfico, acompanhar passo a passo as atividades dos agentes. Porém, esta prática pode ser inviável quando existirem diversos agentes agindo simultânea ou concorrentemente. Nesses casos, pode-se pensar em salvar em arquivo cada uma das operações realizadas e a respectiva identificação de quem a executou e em que momento, para análise posterior.

- 1) $X1$ presta um *serviço* para $X2$.
- 2) $X2$ se satisfaz com o *serviço* de $X1$.
- 3) $X2$ fica em *dívida* para com $X1$.
- 4) $X2$ *valoriza* $X1$ pelo seu *serviço*.

O segundo momento e suas quatro etapas são as seguintes:

- 1) $X2$ *reconhece* sua dívida para com $X1$.
- 2) $X2$ presta um *serviço* equivalente a $X1$.
- 3) O *serviço* feito por $X2$ *satisfaz* a $X1$.
- 4) A *satisfação* de $X1$ equivale à dívida original de $X2$.

Seguindo este modelo, considerando o exemplo em que um indivíduo $X1$ presta *serviço* em forma da operação opI_{X1} ao indivíduo $X2$, a dinâmica das trocas é mostrada pela Figura 7.5:

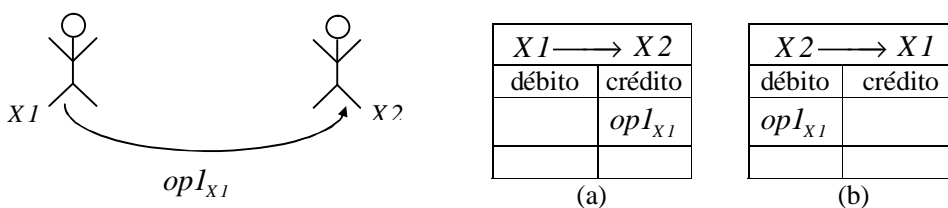


Figura 7.5 - Ilustração da dinâmica das trocas de valores do primeiro momento

A Figura 7.5 ilustra as trocas realizadas pelos agentes $X1$ e $X2$, nas quatro etapas do primeiro momento, ocasião em que $X1$ presta um *serviço* a $X2$ e este, além de satisfeito, reconhece o trabalho realizado para ele.

A tabela (a) mostrada na Figura 7.5 representa um tipo de mecanismo de registro e acumulação de valores de troca, em forma de débitos e créditos de operações, do indivíduo $X1$ para com o indivíduo $X2$. Nela está registrado que, neste momento em que é consultada, $X1$ tem um crédito pelo *serviço* representado através da operação opI_{X1} que prestou a $X2$.

Igualmente, a tabela (b) mostrada na Figura 7.5 representa um tipo de mecanismo de registro e acumulação de valores de troca, em forma de débitos e créditos de operações, do indivíduo $X2$ para com o indivíduo $X1$. Nela está registrado que $X2$ tem um débito pelo *serviço* feito por $X1$, representado pela operação opI_{X1} .

A Figura 7.6 ilustra a dinâmica das trocas efetuadas por estes mesmos agentes nas quatro etapas do segundo momento, ocasião em que $X1$ cobra de $X2$ a retribuição do *serviço* feito anteriormente a ele, e $X2$ lhe retribui através da operação opI_{X2} .

As tabelas (a) e (b) mostradas na Figura 7.6, representam a situação atual em termos de débitos e créditos de operações, dos indivíduos $X1$ e $X2$ após o segundo momento das trocas. A tabela (a) mostra que $X1$ tem um crédito pelo *serviço* que prestou a $X2$, representado pela operação opI_{X1} , e possui um débito pelo *serviço* feito por $X2$ a ele, representado pela operação opI_{X2} .

Por sua vez, a tabela (b) mostra que $X2$ tem um débito pelo serviço que recebeu de $X1$, representado pela operação opI_{X1} , e tem um crédito pelo serviço feito por $X1$ a ele representado pela operação opI_{X2} .

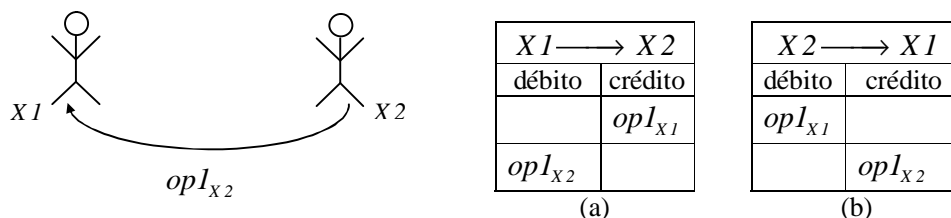


Figura 7.6 - Ilustração da dinâmica das trocas de valores do segundo momento

Note-se que há reversibilidade das operações. Além disso, quando há igualdade e reciprocidade entre os parceiros, estão estabelecidas as condições de equilíbrio das trocas. No entanto, nem sempre ocorrem trocas equilibradas, ou seja, os valores podem ser trocados mesmo sem igualdade e reciprocidade entre os parceiros, caso em que as trocas são assimétricas.

Ora, tanto o RePiarq apresentado na seção anterior como a explicação sobre o processo das trocas de serviços apresentada nesta seção mostram uma concepção de como um agente piagetiano poderia ser modelado internamente. Mas esta perspectiva apenas não dá conta de todos os requisitos necessários para a modelagem de um sistema multiagente constituído por agentes piagetianos. Uma discussão sobre esta perspectiva externa é feita a seguir.

7.3 O RePiarq do ponto de vista social

Em geral, um sistema multiagente é uma solução criada para que uma quantidade maior ou menor de agentes atue visando resolver problemas (alcançar objetivos), normalmente de grande escala. Efetivamente há um grupo de agentes em interação com objetivos individuais semelhantes, complementares, ou mesmo concorrentes, mas cujo resultado depende de sua ação conjunta. Esta ação conjunta, vista do ponto de vista social, já discutida no capítulo cinco, é agora retomada a fim de tecer comentários sobre elas considerando o RePiarq.

A primeira questão que se coloca para empregar o RePiarq objetivando modelar um SM concebido sob uma perspectiva social é, efetivamente, desejar modelar grupos de agentes individuais (como proposto na seção anterior) piagetianos.

Tomada esta decisão, o próximo passo é levar em conta as regras, valores e sinais sociais e individuais, bem como suas correlações, como já mostrado na Figura 7.1. A maneira como cada um desses requisitos será modelado e implementado fica a critério do projetista do SM, mas eles precisam ser contemplados.

A seguir são feitas algumas considerações sobre tópicos associados aos SM, conforme as definições dadas no capítulo cinco, ou seja, quanto à organização, tipos de sociedade, planejamento, conflito, negociação, e coordenação.

Explícita ou implicitamente, a reunião de dois ou mais agentes implica uma organização. Em uma organização estruturada, a conduta social ocorre sendo parametrizada por regras, valores e sinais sociais, que podem ou não ser negociados, tal como em sistemas e organizações humanas. Portanto, as diferentes possibilidades de organização multiagente (hierarquias, holarquias, coalizões, equipes, congregações, sociedades, federações, matrizes

organizacionais, e combinação de organizações) podem ser implementadas tendo como fonte de inspiração os conceitos do RePiarq.

Também podem ser concebidos os diferentes tipos de sociedade (aberta, semi-aberta, fechada, semi-fechada) levando em conta esses conceitos. As técnicas utilizadas em SM referentes a questões de planejamento, resolução de conflitos, negociação e coordenação, são válidas para SM modelados com o RePiarq.

Portanto, utilizar o RePiarq para modelar SM é uma abordagem alternativa ao trabalho em IAD, cujo ponto forte é sua base teórica centrada na Epistemologia Genética. É preciso reforçar que o RePiarq constitui um conjunto de requisitos piagetianos para uma arquitetura de agentes e sistemas multiagente cujo principal esforço está voltado para esta proposta de trabalho, ou seja, o trabalho com agentes piagetianos.

Porém, considerando a complexidade e a inter-relação da teoria de Jean Piaget, bem como os limites e as possibilidades atuais da pesquisa em IAD, como já apontado no final da seção que trata do RePiarq sob o ponto de vista individual (Seção 6.4.2), muito ainda pode e precisa ser esclarecido, melhorado, e ampliado. Mesmo assim, ele é um caminho no sentido da construção de agentes piagetianos.

7.4 O RePiarq e a arquitetura BDI

Uma das vantagens da arquitetura BDI (e talvez também uma desvantagem), apresentada no capítulo cinco (Seção 5.2.3.1), é que ela permite que sejam utilizados os conceitos de crenças, desejos e intenções de diferentes maneiras. Há, na literatura, a exemplo de alguns trabalhos citados nas primeiras seções deste capítulo, diversas pesquisas que aplicam esses estados mentais de modo bastante particular. Outras inserem ou retiram algum desses estados e geram as chamadas “extensões” à arquitetura BDI.

Também são encontrados trabalhos que não apresentam explicitamente como procedem as conexões entre as crenças, desejos e intenções. Esses trabalhos informam apenas seus resultados, e deixam a modelagem do problema sem a devida apresentação, o que impossibilita sua análise. Isso decorre principalmente da questão já apontada por diversos pesquisadores, como Mora (2000), sobre a distância entre o modelo lógico BDI e as implementações práticas de agentes.

Apesar disso, a arquitetura BDI é bastante difundida e utilizada, é robusta e permite esta certa flexibilidade quanto à aplicação de seus conceitos. Essas características fizeram com que se optasse por ela para analisar na prática o conjunto de requisitos componentes do RePiarq. A revisão bibliográfica mostrou que o B-DOING de Frank Dignum e colaboradores (DIGNUM, et al., 2001), mais do que o modelo clássico BDI, era a arquitetura que mais se adaptava às necessidades e características do RePiarq, ainda que com alguma lacuna.

O B-DOING, como já mencionado na Seção 6.1.1, é uma extensão da arquitetura BDI, e contempla crenças, desejos, obrigações, intenções, normas e objetivos. Os pontos fortes e convergentes, bem como alguns limites do B-DOING, do ponto de vista do presente trabalho, são apontados a seguir.

Quanto aos aspectos convergentes, Dignum e colaboradores também entendem que existem fatores internos e externos que impulsionam um agente a agir. Mais especificamente, eles identificam que não apenas os *desejos* (internos), mas também as *normas* existentes na sociedade em que o agente habita, e as *obrigações* que já estabeleceu, em relação à sociedade ou a outros agentes (externos), são fatores que influenciam em sua conduta. Normas são vistas como desejos da sociedade e obrigações como mecanismos para equilibrar os desejos

individuais dos agentes. Assim, normas e obrigações fazem com que o agente, antes de agir, considere, além de seus próprios desejos, também os desejos de outros agentes e os desejos da própria sociedade.

Outra característica interessante da arquitetura B-DOING diz respeito a explicitar o *objetivo* de cada agente (neste trabalho, as operações). Isto facilita a diferenciação entre objetivos e *desejos*, visto que desejos são conceitos abstratos. As *intenções* contemplam um conjunto de planos que são armazenados e executados conforme a ocorrência de certas circunstâncias pré-definidas. Por fim, esses autores também estão preocupados com os fatores motivacionais do agente (neste trabalho, seus *interesses*). Para eles, desejos, normas e obrigações são três fontes motivacionais para a definição dos objetivos do agente. Para este trabalho, essas fontes são as tendências, os compromissos, os interesses e as regras e valores sociais e individuais.

A Tabela 7.1 mostra uma correspondência entre alguns dos requisitos constantes do RePiarq em relação às noções do B-DOING. A primeira coluna apresenta as noções utilizadas na arquitetura B-DOING (crenças, desejos, intenções, objetivos, normas e obrigações). A segunda coluna conceitua essas noções do ponto de vista do B-DOING. A terceira coluna apresenta as noções do RePiarq, que podem ser modeladas conforme as noções correspondentes do B-DOING.

Note-se que nem todas as principais noções do RePiarq (percepção, memória, tendências, interesse, compromissos, vontade, cognição e planos, além das regras valores e sinais sociais e individuais) podem ser mapeadas para o B-DOING. Valores e sinais sociais, memória e interesse precisam ser tratados à parte. A Tabela 7.2 mostra esta não-correspondência.

Tabela 7.1 - Correspondência entre noções da arquitetura B-DOING e o RePiarq

Noções	B-DOING	RePiarq
Crenças	Informações que o agente tem sobre o ambiente.	Informações que o agente tem sobre o ambiente advindas da <i>Percepção</i> e da <i>Memória</i> .
Desejos	Estados do ambiente que o agente quer alcançar.	Possíveis estados do ambiente que o agente pode alcançar, identificados pelas <i>Tendências</i> .
Intenções	Conjunto de planos utilizados pelo agente para atingir o objetivo.	Conjunto de esquemas (<i>Cognição</i>) e <i>Planos</i> utilizados pelo agente para atingir objetivos.
Objetivos	O objetivo a ser atingido decorre do equilíbrio entre desejos, obrigações e normas.	A operação a ser executada é definida pela <i>Vontade</i> considerando tendências, compromissos, interesses, regras e valores individuais e sociais.
Normas Sociais	Normas sociais que influenciam no comportamento do agente.	<i>Regras sociais</i> que influenciam nas regras individuais do agente.
Obrigações	Compromissos do agente e punições.	<i>Compromissos</i> , as obrigações do agente para com outros agentes. <i>Regras individuais</i> adotadas pelo agente. <i>Sinais individuais</i> que determinam o conjunto de sinais individuais utilizados pelo agente.

Tabela 7.2 – Não-correspondência e não-especificação entre o B-DOING e o RePiarq

Noções	B-DOING	RePiarq
Valores	Não há.	<i>Valores sociais</i> que influenciam nos valores individuais dos agentes. <i>Valores individuais</i> utilizados para determinar interesses e avaliar operações.
Sinais Sociais	Não especificado.	<i>Sinais sociais</i> que influenciam nos sinais individuais utilizados pelos agentes.
Memória	Não especificado.	A <i>memória</i> contém várias informações, tais como histórico de ações e mecanismo de registro e acumulação de valores de troca.
Interesse	Não especificado.	O <i>interesse</i> é uma energia ou força que o agente aplica na realização uma ação.

No entanto, apesar de não estar explícito no trabalho de Dignum e colaboradores, é muito provável que, em suas implementações, foram utilizados as últimas três noções, ou seja, sinais sociais, memória e interesse. Isto porque os *sinais sociais*, no RePiarq, correspondem aos sinais que viabilizam a expressão na sociedade, o que inclui mecanismos de comunicação entre agentes. A *memória* contém diversas informações que podem estar subentendidas. O *interesse*, no RePiarq, é uma energia ou força que o agente utiliza na execução de uma ação.

O equivalente no B-DOING parece advir de uma combinação de motivações internas, dadas pelos *objetivos*, e externas, decorrentes de *obrigações* e *normas*. Essas noções são fundamentais à implementações práticas e, portanto, há grande possibilidade de elas terem sido utilizadas nos trabalhos desses autores, mesmo que não constem em seus artigos.

Apesar de identificar a necessidade, e as facilidades decorrentes de dispor desses elementos (sinais sociais, memória e interesse) explicitamente, como importantes componentes de uma arquitetura, por suas características, eles até podem ser tratados à parte da arquitetura, de maneira particular. A grande diferença está mesmo na noção de valores¹⁰⁹.

Como já discutido no capítulo três e retomado na proposição do RePiarq, os valores são noções qualitativas que impulsionam indivíduos, grupos e sociedades inteiras a realizarem certas metas, bem como avaliarem as ações que realizam. Os valores se organizam em escalas sociais ou individuais, sendo que ambas se influenciam mutuamente. Eles são elementos fundamentais na conduta de um agente piagetiano, uma vez que são eles que a orientam.

É preciso reconhecer que os valores são noções qualitativas cujos conteúdos são difíceis de serem compreendidos e, conseqüentemente, manipulados computacionalmente. A revisão bibliográfica e, em especial os trabalhos citados na Seção 6.2, mostraram que as pesquisas que utilizam valores ainda são recentes e em número reduzido. Portanto, para atender às necessidades do RePiarq, seria necessário empregar uma arquitetura, que poderia, sim, ser a B-DOING, mas que necessariamente contemplasse a questão dos valores.

7.5 Relações entre as arquiteturas estudadas e o RePiarq

O objetivo desta seção é estabelecer algumas relações entre as arquiteturas apresentadas no capítulo seis (normativas, de valores e construtivistas), bem como a última seção do

¹⁰⁹ Em trabalho posterior (DIGNUM, F. Abstract norms and electronic institutions. **Proceedings of International Workshop on Regulated Agent-Based Social Systems: Theories and Applications**. Bologna: Springer, 2002, sp.), Dignum concebeu valores como precedentes às regras, podendo ser entendidos como crenças.

capítulo cinco (cooperação entre agentes) e o RePiarq. A intenção é evidenciar algumas das características desses trabalhos a fim de melhor posicionar o RePiarq enquanto um conjunto de requisitos piagetianos para uma arquitetura de agentes computacionais e sistemas multiagente.

A Tabela 7.3 apresenta uma síntese sobre as arquiteturas normativas e o RePiarq. Agentes normativos são agentes cujas interações são governadas por normas, e as normas são elementos que prescrevem como os agentes deveriam ou não se comportar.

Tabela 7.3 - Relações entre as arquiteturas normativas e o RePiarq

Arquite- tura / RePiarq	Componente normativo (conceito)	Influência das normas	Possibili- dade de alteração / violação da norma	Individualização dos agentes
B-Doing	Normas: são desejos da sociedade; as obrigações são mecanismos de equilíbrio dos desejos do agente.	São elementos motivadores: as obrigações e normas são fontes externas; os desejos são fontes internas.	Existente.	Seus desejos.
BOID	Obrigações: componentes onde são definidos obrigações, regras, compromissos e racionalidade sociais.	São elementos que auxiliam na resolução de conflitos quando da definição de quais desejos e obrigações o agente seguirá.	Não explicitado.	De acordo com a ordem de derivação de crenças, desejos, intenções e obrigações.
Castel- franchi	Normas: são representações mentais que contribuem para definir o comportamento dos agentes.	São elementos capazes de determinar o comportamento do agente quando interagem com crenças, objetivos e planos.	Existente.	Seus desejos.
NoA	Normas: representam estados ou ações desejadas, permitidas, obrigatórias ou proibidas para o agente.	São elementos que determinam o comportamento dos agentes, em conjunto com crenças e planos.	Não há.	De acordo com conjuntos pré-definidos de planos e normas.
López	Normas: componentes que direcionam o comportamento que afeta outros agentes.	Prescrevem comportamentos onde dois ou mais agentes estão envolvidos e exercem pressão sobre suas decisões.	Existente.	Conforme seus desejos e influenciado pela valoração de seus objetivos.
RePiarq	Regras: definem as obrigações e compromissos do agente para com a sociedade e outros agentes.	Influenciam na vontade, mecanismo que define a ação a ser executada.	Pode ser implemen- tado.	Por suas regras, valores e sinais individuais.

A Tabela 7.4 mostra as correlações entre as arquiteturas com valores estudadas e o RePiarq. Em especial, dois aspectos dos valores são importantes no contexto do RePiarq: quando eles são empregados para servir como parâmetro de avaliação e quando são empregados para motivar o agente na realização de ações ao determinar seus interesses.

Em ambos os casos, os valores são utilizados para acionar a vontade que, por sua vez, desencadeia um conjunto de operações a serem executadas que, juntas, constituem as atividades do agente no ambiente. Dentre essas atividades estão aquelas realizadas socialmente, especialmente a cooperação na ação. Essas interações sociais envolvem *valores* que podem interferir tanto na escala de valores dos indivíduos, quanto nas escalas de valores sociais, corrigindo-as, ampliando-as, atualizando-as.

Tabela 7.4 - Relações entre as arquiteturas com valores e o RePiarq

Arquiteturas / RePiarq	Conceito de valor	Como os valores são utilizados	Natureza	Influências teóricas quanto aos valores
Luis Antunes	É uma dimensão contra a qual uma situação pode ser avaliada.	São utilizados para a tomada de decisão.	São quantitativos.	Conceitos de Miceli e Castelfranchi.
Maira Rodrigues	Representam valores de desempenho.	Motivam e dão continuidade às trocas sociais.	São qualitativos.	Teoria dos Valores Qualitativos de Piaget.
Guye-Vuillème e Thalmann	Constituem um sistema moral pessoal.	Influenciam no raciocínio, bem como na geração de visões de mundo.	São pesos quantitativos.	A sociologia de Max Weber.
Jordan Zlatev	São individuais, construídos a partir da relação do indivíduo com o ambiente e com outros indivíduos.	São utilizados em todas as interações com o ambiente e/ou com outros indivíduos.	São quantitativos.	A psicologia de von Uexküll.
RePiarq	São noções qualitativas sociais ou individuais que se organizam hierarquicamente e são construídas a partir das interações.	Enquanto fonte de interesses e avaliação para o agente.	São qualitativos.	Os conceitos de interesse, vontade e a teoria dos valores qualitativos, todos de Piaget.

A Tabela 7.5 apresenta algumas das relações entre as cinco arquiteturas piagetianas que foram estudadas e apresentadas, sendo que o que elas têm em comum, além do fundamento teórico, é o fato de estarem voltadas para agentes computacionais com características do período sensório-motor. Esses autores tinham uma preocupação especial com relação à formação de esquemas.

O RePiarq, por sua vez, tem uma preocupação maior com relação aos elementos interdependentes que constituem um agente, tendo a intenção de contribuir para as pesquisas que visam articular a contribuição da pesquisa feita por Jean Piaget ao desenvolvimento de agentes computacionais e, em especial, os cooperativos.

Tabela 7.5 - Relações entre as arquiteturas piagetianas e o RePiarq

Trabalho / RePiarq	Ênfase / período	Aquisição de esquemas	Esquemas inatos	Tomada de decisão
Gary Drescher	Mecanismo de esquemas. Período sensório-motor.	São adquiridos através cálculos estatísticos de relevância e confiabilidade de ações.	Não.	Em decorrência da possibilidade de aplicação de um esquema.
Georgi Stojanov	Construção pelo agente do modelo do ambiente. Período sensório-motor.	São constituídos novos esquemas a partir de ajustes feitos nos esquemas inatos via memória associativa.	Sim.	Em decorrência dos objetivos definidos a partir das atividades do agente.
Raul Wazlawick	Construção de estruturas cognitivas em equilíbrio. Período sensório-motor.	A aquisição se dá através de rede neural (Kohonen) e sua reprodução ocorre via algoritmos genéticos. Os meta-esquemas são constituídos por esquemas.	Não.	Pela similaridade entre os elementos percebidos e a aplicabilidade do esquema.
Mauro Muñoz	Elaboração de ações necessárias à satisfação de suas necessidades. Período sensório-motor.	A aquisição é orientada pelos objetivos previamente definidos e a partir de esquemas inatos. Emprega rede neural e algoritmos genéticos.	Sim.	Pelos objetivos previamente definidos.
Filipo Perotto	Mecanismo de esquemas. Período sensório-motor.	Por diferenciação, integração e generalização de expectativa.	Não.	Pelas percepções e expectativas.
RePiarq	Cognição, valores e cooperação. Período operatório concreto.	Definida pelo projetista; pode ser atribuída externamente ou não; neste último caso, precisa ser implementada.	É possível.	Pela vontade do agente, o que implica na influência da percepção, memória, tendências, interesses, compromissos além de regras e valores sociais e individuais.

Com relação ao trabalho relativo à cooperação entre agentes, tema apresentado e discutido no capítulo anterior, a Tabela 7.6, mostrada a seguir, é uma reconstrução da Tabela 5.4, apresentada naquele capítulo. Nela foram acrescentadas as características do RePiarq, que está mais voltado à cooperação na ação, ou seja, à alternância e sincronização de operações.

Tabela 7.6 - Relações entre as teorias cooperativas e o RePiarq

Proposta	Conceito de Cooperação	Requisitos para cooperação	Mecanismos-chave para a cooperação
Eric Werner	Realização de objetivos sociais, que só são possíveis mediante a ação conjunta e dependente de agentes.	Comunicação.	Uma linguagem; um conjunto de agentes; uma estrutura social; uma função de distribuição de papéis; e um ambiente.

Wooldridge e Jennings	Situação na qual um grupo de agentes opta por trabalhar em conjunto para alcançar um objetivo.	Comunicação e compromisso.	Reconhecimento do potencial para a cooperação; formação da equipe; formação de planos; ação da equipe.
RePiarq	Alternância e sincronização de operações.	Capacidade de realizar operações, além de considerar regras valores e sinais.	Para cada agente, em um ambiente: percepção, memória, interesse, tendências, compromissos, vontade, cognição e planos, influenciado por regras, valores e sinais sociais e individuais.

8 Experimentos com agentes humanos: análises e discussões

Este capítulo apresenta análises e discussões sobre os experimentos realizados nos quais agentes humanos jogam o Jogo Cooperativo das Figuras Geométricas (JCFG) contra um agente computacional. Neste jogo os agentes utilizaram cartas de um baralho composto por algumas figuras geométricas, e, a exemplo do Jogo de Dominó, para vencer deviam descartá-las antes que o adversário.

As descrições, análises e discussões desses experimentos são feitas apresentando as duas etapas de um estudo de caso envolvendo o JCFG. Elas mostram a evolução dos problemas e soluções encontradas durante das duas etapas. Antes de apresentá-las, são feitos alguns comentários, a título de introdução, visando realizar uma contextualização.

Uma das atividades a ser realizada dentro de trabalho de tese era a criação de condições para que se pudesse observar a prática da cooperação na ação entre humanos. Para isso, tendo como inspiração, principalmente, a obra “O Juízo Moral na Criança” (PIAGET, 1994), na qual Piaget trabalha observando crianças jogando, o que se fez foi idealizar, modelar e implementar uma *ferramenta lúdica*, um jogo.

Entende-se por *ferramenta lúdica* um software de entretenimento que possibilita que dois ou três indivíduos joguem contra um agente computacional utilizando cartas de um baralho constituído por um conjunto limitado de figuras geométricas, de cores e tamanhos variados, e que permite que esses indivíduos realizem operações conjuntas visando vencer o agente em cada partida.

Este jogo permite que seus usuários cooperem entre si durante as partidas. Dentro dos fundamentos piagetianos, a condição cognitiva ideal para que eles utilizem esta ferramenta com sucesso é que estejam no período operatório-concreto avançado, mais precisamente no estágio da “[...] codificação das regras” (PIAGET, 1994, p. 33) que ocorre entre onze e doze anos de idade, o que os caracteriza como pré-adolescentes.

A condução deste trabalho se deu em duas etapas. A primeira envolveu as seguintes ações:

- 1) A verificação da ferramenta do ponto de vista computacional (descrita na Seção 8.1.1).
- 2) A especificação e execução da Ambientação, atividade em que se procurou analisar o equilíbrio das estruturas operatórias lógico-matemáticas dos pré-adolescentes participantes nas duas etapas do estudo de caso (descrita na Seção 8.1.2).
- 3) A realização do jogo em si (descrita na Seção 8.1.3).
- 4) A aplicação de uma entrevista (descrita na Seção 8.1.4).

A segunda etapa, realizada a partir de melhorias decorrentes de análises feitas a partir da primeira etapa, envolveu:

- 1) A realização de uma *Ambientação* adaptada (descrita na Seção 8.2.1).
- 2) Duas novas versões do jogo (descritas na Seção 8.2.2).
- 3) Uma entrevista baseada em um novo roteiro (descrita na Seção 8.2.3).

Essas ações são discutidas pormenorizadamente a seguir. Antes, porém, uma breve apresentação quanto à origem e aos cuidados éticos e técnicos para com os pré-adolescentes

que participaram das duas etapas componentes deste estudo de caso, que aconteceram respectivamente em 2004 e 2005.

Esses pré-adolescentes são alunos (ao longo deste capítulo, os termos aluno, pré-adolescente e indivíduo serão utilizados como sinônimos) do Colégio Estadual Professora Júlia Wanderley (CEPJW), fundado em 1965, situado em Cascavel - Paraná. As instalações físicas são utilizadas para atividades ligadas ao Município (da pré-escola à quarta série) e ao Estado (da quinta série ao ensino médio). Em 2005, o CEPJW atendia um total de 1404 alunos, sendo que 150 deles, público-alvo deste trabalho em decorrência da idade (entre 11 e 12 anos), estavam matriculados na 6ª série, divididos em cinco turmas, três no período matutino e duas no período vespertino.

Esses 150 indivíduos, no início do ano letivo, foram agrupados em turmas que utilizavam o laboratório de informática do colégio realizando atividades extra-curriculares e de reforço, no contra-turno. Este laboratório contava com 13 computadores não ligados em rede, e, na época do primeiro estudo de caso, apenas 7 estavam em funcionamento. Um segundo laboratório, contando com 20 computadores, ligados em rede, com Sistema Operacional Linux, foi instalado e tornou-se operacional em meados de maio de 2005. Então, por motivos de configuração e de equipamentos, ambas as etapas do estudo de caso foram realizadas nos laboratórios de informática da UNIOESTE.

Solicitou-se aos pais dos alunos matriculados nas sextas séries que os autorizassem a se deslocarem até as dependências da UNIOESTE, bem como a serem fotografados e filmados. Também é preciso destacar que essas atividades foram apresentadas em forma de projeto, submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da UNIOESTE, cujo parecer favorável está apresentado no Anexo 2.

8.1 Etapa I do estudo de caso

Ao todo, 68 pré-adolescentes participaram das atividades da primeira etapa. Eles estiveram nas dependências dos laboratórios de informática da UNIOESTE no dia 26 de outubro de 2004. Este número deveu-se à quantidade de computadores disponíveis nesses laboratórios. As atividades da primeira etapa foram organizadas da seguinte maneira:

- 1) Foi feita a recepção aos alunos e explicado como seriam as atividades.
- 2) Foram explicadas as regras do jogo.
- 3) Foi solicitado que eles se organizassem em grupos de dois e de três indivíduos.
- 4) Esses grupos jogaram o jogo utilizando um baralho (real) de cartas composto pelo conjunto das figuras geométricas nele empregadas.
- 5) Responderam às perguntas da *Ambientação*.
- 6) Jogaram o mesmo jogo, só que utilizando o software desenvolvido.
- 7) Responderam a uma entrevista.

Essas atividades são melhor explicadas ao longo desta seção e algumas ilustradas a seguir. A Figura 8.1 mostra alunos jogando o JCFG utilizando o baralho real. A Figura 8.2 mostra um aluno executando as tarefas da *Ambientação*. A Figura 8.3 mostra alunos jogando o JCFG utilizando o computador e a Figura 8.4 mostra alunos participando da entrevista.

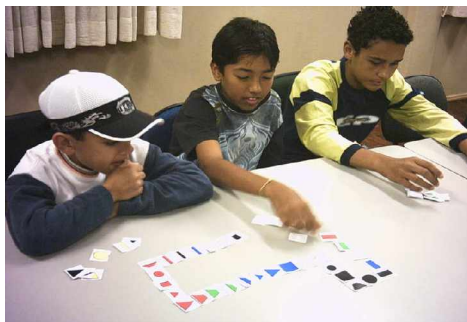


Figura 8.1 - Alunos jogando sem o computador



Figura 8.2 - Alunos executando a ambientação



Figura 8.3 - Alunos jogando com o computador



Figura 8.4 - Alunos respondendo a entrevista

Solicitou-se aos alunos que se organizassem, voluntariamente, em grupos de dois e de três jogadores. Isso foi feito tendo em vista as observações de Piaget de que aqueles indivíduos que possuem uma escala de valores comum tendem a elaborar com mais facilidade trabalhos conjuntos (PIAGET, 1973). Considerando que um dos principais objetivos deste trabalho era observar a *Cooperação na Ação* entre indivíduos, pretendeu-se dando a liberdade aos participantes de constituírem seus grupos, que a questão da amizade, do companheirismo fosse preservada.

Solicitou-se aos alunos que jogassem o jogo tanto utilizando o baralho real quanto aquele do computador a fim de verificar se haveria alguma diferença, do ponto de vista operacional, entre uma e outra forma de jogar. Esta verificação deve ser feita porque, no contexto da teoria piagetiana, esses indivíduos estão no período das operações concretas, e uma de suas principais características é o manuseio físico dos objetos. A dúvida que se tinha era quanto ao fato de que o baralho utilizado na ferramenta lúdica não era físico, era virtual, e, portanto, poderia prejudicar o desempenho dos alunos, bem como os resultados das análises feitas.

Solicitou-se que os alunos jogassem diversas vezes tanto o jogo com o baralho real quanto com o computacional. Este procedimento tinha como objetivo dar a eles condições de melhor participarem do jogo, a fim de minimizar os problemas decorrentes do desconhecimento das regras ou mesmo da utilização inadequada do teclado ou mouse.

8.1.1 A verificação da ferramenta do ponto de vista computacional

A verificação da ferramenta do ponto de vista computacional, que envolve a conversão dos requisitos iniciais em um software interativo, se deu através de uma análise feita tendo como base o conjunto de critérios ergonômicos elencados pelo LabiUtil (LABIUTIL). Os critérios sugeridos pelo LabiUtil quanto às qualidades de um software ergonômico são os seguintes: ele deve ser *prestativo, claro, obediente, confortável, seguro, coerente, versátil, adaptável, expressivo e compatível*.

Esses requisitos, bem como suas descrições, são apresentadas nas duas primeiras colunas da Tabela 8.1. Eles são representados respectivamente por critérios e subcritérios (colunas três e quatro da Tabela 8.1). Cada subcritério é verificado através de várias questões, sendo que a resposta ao conjunto dessas questões permite avaliar cada requisito individualmente, o que possibilita, ao final, emitir conclusões a respeito da ergonomia do software considerado.

Aplicando-se o *checklist*, elaborado e disponibilizado pelo LabiUtil, obtiveram-se os resultados expressos na quinta coluna da Tabela 8.1. O conteúdo desta coluna é composto pela soma das respostas da avaliação de cada subcritério. Em *Total de Questões*, é apresentado o número total de questões para cada requisito. Em *Respondidas* e *Não Respondidas*, foram colocadas a quantidade de questões respondidas ou não. Em *Questões Conformes* e *Não Conformes* está a quantidade de questões que estão ou não em conformidade com os requisitos. *Questões Não Aplicáveis* exibe a quantidade de questões que não se aplicam ao software.

Analisando estes dados, observou-se que, das 249 questões existentes, 118 não são aplicáveis ao software. Das 131 questões restantes, 116 estavam conformes e apenas 15 não estavam conformes. Concluiu-se que o software foi *prestativo, claro, confortável, seguro, coerente, expressivo e compatível*, não cumprindo somente com as características de ser *versátil, adaptável e obediente* porque seus subcritérios não se aplicam ao software implementado. Com isso, conclui-se que sua interface ficou adequada aos propósitos a que se destina, visto que atendeu aos requisitos ergonômicos de software listados pelo LabiUtil.

Tabela 8.1 - Ilustração dos critérios e avaliação do software segundo o LabiUtil

Características ou Qualidades de um Software Ergonômico (LabiUtil)				
Requisitos	Descrição	Critério	Subcritérios	Avaliação (questões)
Prestativo	Auxilia o usuário na interação com o computador.	Condução.	1. Presteza. 2. Agrupamento/distinção entre itens. 3. Feedback imediato. 4. Legibilidade.	Total de questões: 84 Respondidas: 84 Não respondidas: 0 Conformes: 41 Não conformes: 5 Não aplicáveis: 38
Claro	Apresenta o conteúdo da interface de forma clara.	Condução.	1. Agrupamento/distinção entre itens. 2. legibilidade.	Total de questões: 55 Respondidas: 55 Não respondidas: 0 Conformes: 29 Não conformes: 3 Não aplicáveis: 23
Obediente	Usuário mantém controle sobre	Controle explícito.	1. Ações explícitas do usuário. 2. Controle do usuário.	Total de questões: 8 Respondidas: 8 Não respondidas: 0

	suas ações.			Conformes: 1 Não conformes: 1 Não aplicáveis: 6
Confortável	Redução na carga cognitiva e perceptiva do usuário.	Carga de trabalho.	1. Brevidade a. Concisão; b. Ações Mínimas; 2. Densidade Informacional.	Total de questões: 28 Respondidas: 28 Não respondidas: 0 Conformes: 15 Não conformes: 2 Não aplicáveis: 11
Seguro	Busca minimizar ou reduzir o número erros por parte do usuário.	Gestão de erros.	1. Proteção contra erros. 2. Qualidade das mensagens de erros. 3. Correção dos erros.	Total de questões: 21 Respondidas: 21 Não respondidas: 0 Conformes: 8 Não conformes: 1 Não aplicáveis: 12
Coerente	Torna o sistema mais previsível e a aprendizagem mais generalizada.	Homogeneidade/coerência.		Total de questões: 11 Respondidas: 11 Não respondidas: 0 Conformes: 8 Não conformes: 0 Não aplicáveis: 3
Versátil	Trata as variações de nível de experiência dos usuários.	Adaptabilidade.	Consideração de experiência do usuário.	Total de questões: 6 Respondidas: 6 Não respondidas: 0 Conformes: 0 Não conformes: 0 Não aplicáveis: 6
Adaptável	Personalização da interface.	Adaptabilidade.	Flexibilidade.	Total de questões: 3 Respondidas: 3 Não respondidas: 0 Conformes: 0 Não conformes: 2 Não aplicáveis: 1
Expressivo	Adequação do objeto ou a informação apresentada ou pedida, e sua referência.	Significado dos códigos e denominações.		Total de questões: 12 Respondidas: 12 Não respondidas: 0 Conformes: 9 Não conformes: 0 Não aplicáveis: 3
Compatível	Atende ao grau de similaridades entre diferentes ambientes e aplicações.	Compatibilidade.		Total de questões: 21 Respondidas: 21 Não respondidas: 0 Conformes: 5 Não conformes: 1 Não aplicáveis: 15

8.1.2 A ambientação

Denominou-se *Ambientação*¹¹⁰ a atividade inspirada em provas piagetianas, em que os pré-adolescentes responderam a oito questões, sendo que cada uma delas (retiradas

¹¹⁰ Não se trata de uma prova piagetiana, visto que o que se fez foi elaborar um conjunto de questões cujas respostas foram previamente respondidas e armazenadas no próprio software. O software apenas sorteava uma questão para cada grupamento, aguardava a resposta, comparava-a com a resposta correta, e armazenava tudo

aleatoriamente de um conjunto de questões possíveis) referia-se a um dos grupamentos lógico-matemáticos. O objetivo desta ambientação foi o de tentar verificar se as estruturas cognitivas dos participantes efetivamente haviam atingido o período operatório-concreto avançado. Pode-se dizer que, se isto ocorre, os pré-adolescentes respondem sem dificuldade a cada questão, e, além disso, e por isso mesmo, conseguem cooperar na ação.

Em todas as telas da *Ambientação* existem os seguintes botões: *Desafio*, *Reiniciar*, *Terminei!* e *Próxima fase*. O botão *Desafio* apresenta a questão a ser resolvida. O botão *Reiniciar* permite recomeçar a mesma questão. O botão *Terminei!* é utilizado pelo aluno quando este julgar que concluiu aquele desafio. Se a resposta não estiver correta, uma mensagem é exibida lhe possibilitando reiniciar a tarefa ou ir automaticamente para o próximo desafio. Caso não consiga solucionar o desafio, é possível utilizar o botão *Próxima fase*, que permite ir para a próxima questão sem ter respondido a anterior. As Figuras de 8.5 a 8.12 ilustram um exemplo de questão sobre cada um dos oito grupamentos.

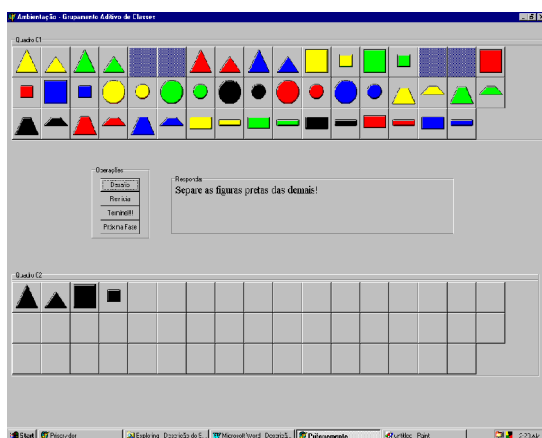


Figura 8.5 - Exemplo de questão referente ao grupamento um

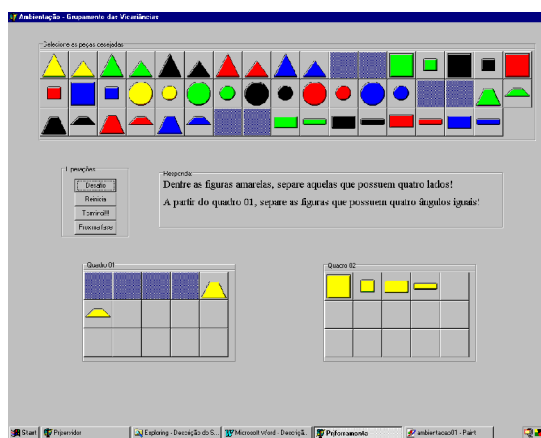


Figura 8.6 - Exemplo de questão referente ao grupamento dois

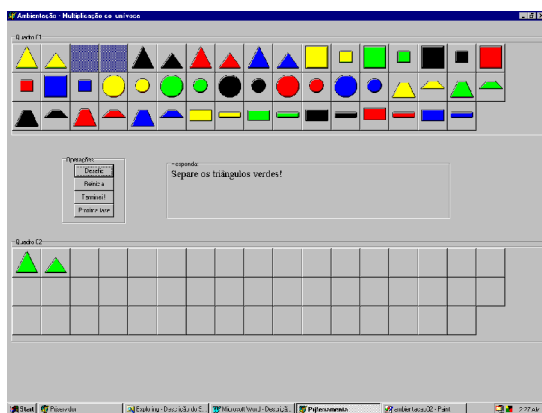


Figura 8.7 - Exemplo de questão referente ao grupamento três

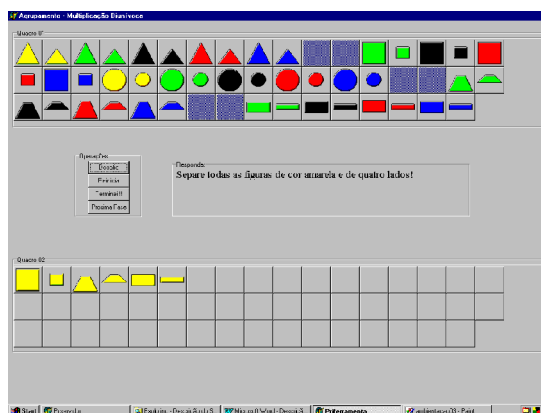


Figura 8.8 - Exemplo de questão referente ao grupamento quatro

em um arquivo para análise posterior. A opção por este método e não pelo Método Clínico decorre da falta de experiência e formação adequadas da autora na prática do Método Clínico.

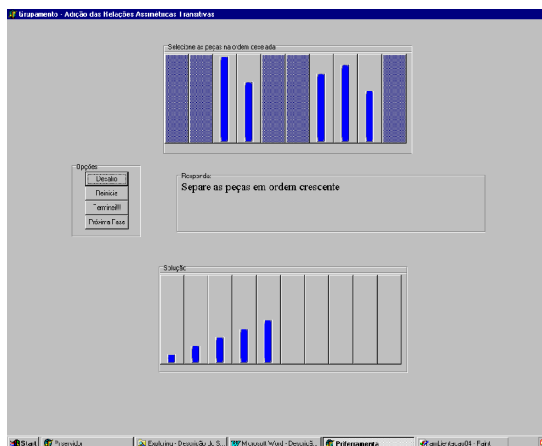


Figura 8.9 - Exemplo de questão referente ao grupamento cinco

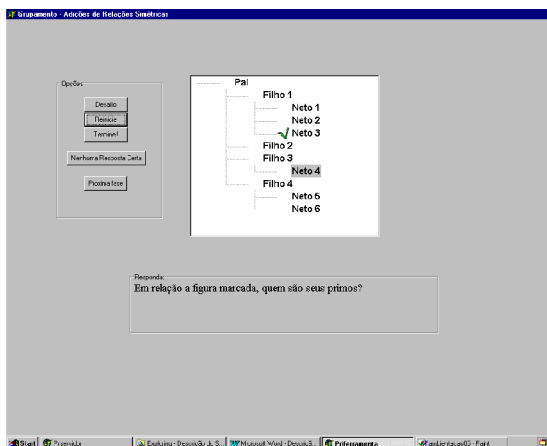


Figura 8.10 - Exemplo de questão referente ao grupamento seis

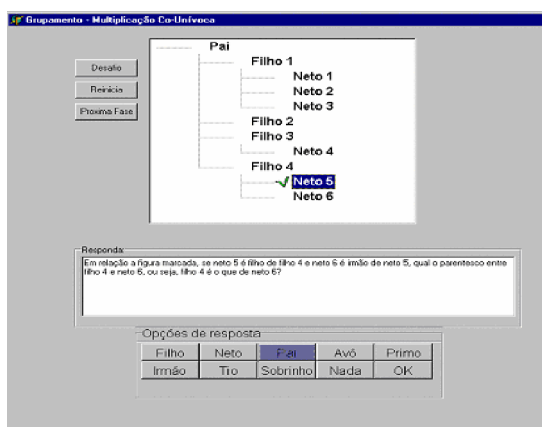


Figura 8.11 - Exemplo de questão referente ao grupamento sete

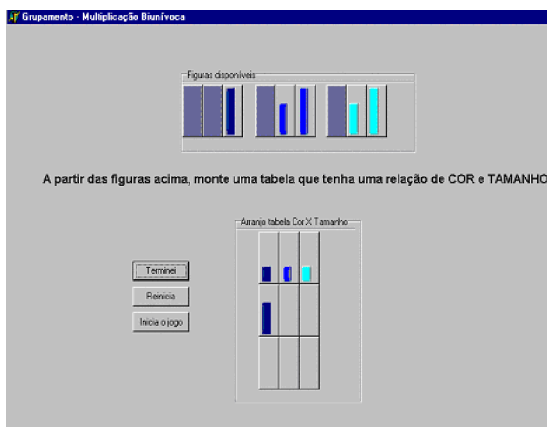


Figura 8.12 - Exemplo de questão referente ao grupamento oito

Do total de 68 indivíduos participantes, completaram a ambientação apenas 51. Isto ocorreu porque os arquivos dos 17 primeiros que responderam às perguntas foram perdidos por problemas técnicos. Exemplo de um desses arquivos é mostrado no Anexo 3.

Há que se destacar que o aluno poderia optar por ir diretamente para a próxima questão ou, em não conseguindo responder em uma ou mais tentativas, deliberadamente também ir para a próxima questão. Então, nesta etapa foram consideradas apenas as informações significativas, ou seja, aquelas advindas dos arquivos que continham a informação completa sobre a resposta do aluno. Optou-se por desconsiderar as respostas não fornecidas apresentadas nas Tabelas 8.2 e 8.3, mostradas a seguir como “Não respondeu ou arquivo em branco”.

Pelos dados mostrados nessas tabelas, percebe-se que não houve dificuldade para responder às questões dos grupamentos 1, 2, 3, 4, 5 e 8, pois os indivíduos conseguiram passar para a próxima fase em até 3 tentativas. Eles encontraram maior dificuldade para solucionar as questões relativas aos grupamentos 6 e 7. O motivo, como comentado por eles mesmos durante a *Ambientação*, e confirmado pelas informações colhidas através da entrevista (descrita na próxima seção), se deve ao fato de que estes grupamentos tratam de relações de parentesco, e tanto a representação gráfica quanto o tamanho do corpo da letra dificultava o entendimento da questão.

Tabela 8.2 - Resultados da ambientação: grupamentos de classe

Grupamento de Classes				
1) Grupamento Aditivo de Classes			2) Grupamento das Vicariâncias	
Acertou na primeira tentativa	35		Acertou na primeira tentativa	11
Acertou na segunda tentativa	0		Acertou na segunda tentativa	10
Acertou na terceira tentativa	0		Acertou na terceira tentativa	7
Acertou depois da terceira tentativa	1		Acertou depois da terceira tentativa	4
Não respondeu / arquivo em branco	15		Não respondeu / arquivo em branco	19
3) Grupamento Multiplicação Co-unívoca			4) Grupamento Multiplicação Biunívoca	
Acertou na primeira tentativa	25		Acertou na primeira tentativa	26
Acertou na segunda tentativa	4		Acertou na segunda tentativa	6
Acertou na terceira tentativa	7		Acertou na terceira tentativa	1
Acertou depois da terceira tentativa	0		Acertou depois da terceira tentativa	1
Não respondeu / arquivo em branco	15		Não respondeu / arquivo em branco	17

Tabela 8.3 - Resultados da ambientação: grupamentos de relações

Grupamento de Relações				
5) Grupamento Adição das Relações Assimétricas Transitivas			6) Grupamento Adição das Relações Simétricas	
Acertou na primeira tentativa	35		Acertou na primeira tentativa	11
Acertou na segunda tentativa	0		Acertou na segunda tentativa	10
Acertou na terceira tentativa	0		Acertou na terceira tentativa	7
Acertou depois da terceira tentativa	1		Acertou depois da terceira tentativa	4
Não respondeu / arquivo em branco	15		Não respondeu / arquivo em branco	19
7) Grupamento Multiplicação Co-Unívoca			8) Grupamento Multiplicação Biunívoca	
Acertou na primeira tentativa	25		Acertou na primeira tentativa	26
Acertou na segunda tentativa	4		Acertou na segunda tentativa	6
Acertou na terceira tentativa	7		Acertou na terceira tentativa	1
Acertou depois da terceira tentativa	0		Acertou depois da terceira tentativa	1
Não respondeu / arquivo em branco	15		Não respondeu / arquivo em branco	17

Pode-se depreender, destes resultados, que a estrutura cognitiva dos indivíduos que participaram da ambientação apresenta características daquelas apontadas por Piaget referentes ao período operatório-concreto. Os indivíduos conseguem efetuar operações de classificação e relação com maior ou menor grau de dificuldade, o que os habilita, portanto, a cooperar na ação.

8.1.3 O jogo

As regras são semelhantes àquelas do jogo de dominó: sorteadas algumas peças para cada jogador e o dobro para o agente (visto que no jogo o agente computacional joga contra os demais jogadores), pode-se descartá-las em qualquer uma das duas pontas da seqüência de peças (Figura 8.13). Neste software, essas pontas são sempre disponibilizadas no centro da tela em *Peças Atuais*.

Pode-se descartar a próxima peça encaixando-a à direita ou à esquerda das peças que ali aparecem. O descarte deve obedecer às seguintes regras de encaixe: pela mesma *cor* ou pelo mesmo *formato e tamanho*. Para cada jogada de um usuário segue-se uma jogada do

computador. Ganha o grupo de usuários ou o agente computacional quando um deles descartar primeiro todas as peças. A Figura 8.13 a seguir ilustra uma tela do jogo para três jogadores, ressaltando:

- 1) A indicação de quem é a vez de jogar.
- 2) As pontas da seqüência.
- 3) As peças que já foram descartadas.
- 4) O botão *Pescar*, que ao ser acionado fornece uma nova carta ao jogador que o acionou.
- 5) O botão *Simulação*, que permite aos jogadores combinarem suas jogadas.
- 6) O botão *Confirme sua jogada*, que é utilizado para confirmar a jogada.
- 7) As peças que cada um dos jogadores possui naquele momento.

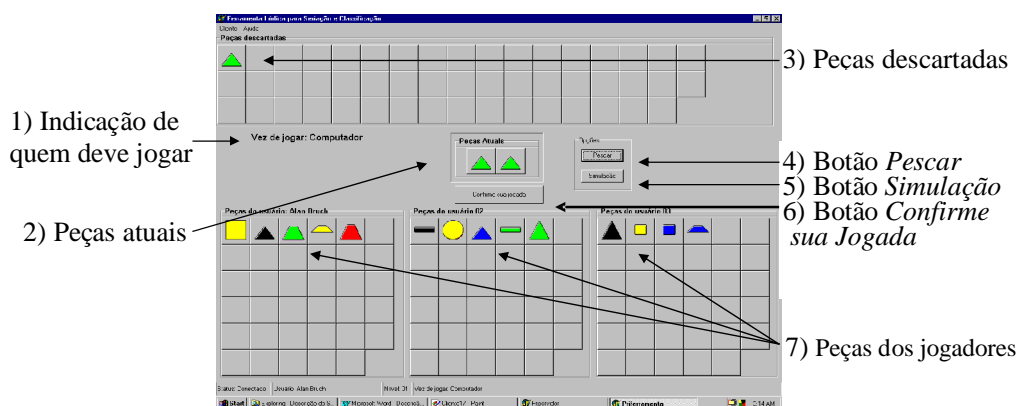


Figura 8.13 - Ilustração da tela para três jogadores

A primeira jogada é feita automaticamente; o computador sorteia uma peça que está com o agente ou com algum usuário e retira a peça sorteada de quem a possui informando de quem é a vez de jogar. O agente computacional não tem acesso às peças dos jogadores, e, igualmente, os jogadores não têm acesso às peças do agente. Porém, cada membro do grupo tem acesso às peças de seus companheiros. É por isso que se diz deste software que ele é cooperativo: ele viabiliza que os jogadores possam conhecer as peças que cada companheiro possui, bem como permite que dialoguem (explicação dada nos próximos parágrafos) a fim de combinar jogadas e estratégias com vistas à vitória.

Para um jogador realizar uma jogada, primeiramente deve ser sua vez de jogar. Em sendo sua vez, ele deve escolher uma de suas peças para descartar e teclar sobre a figura à direita ou à esquerda das *Peças Atuais*, observando as regras de mesma cor ou mesmo formato e tamanho. Feita a escolha ele deve pressionar o botão *Confirme sua jogada*. Isto faz com que área das *Peças Atuais* seja atualizada e seja passada a vez para outro jogador.

Caso seja a vez de um jogador e ele não possua uma peça que possa ser descartada, ele pode obter outras cartas “pescando”. Pressionando o botão *Pescar*, uma peça é fornecida a ele, e, caso esta peça também não lhe sirva, ele deve continuar pescando, até encontrar uma peça adequada ou até que não haja mais peças para pescar, o que terminaria o jogo sem nenhum vencedor.

Há a possibilidade de os jogadores se comunicarem para criarem uma jogada objetivando ganhar do computador. Para isso, basta pressionar o botão *Simulação*, independentemente de quem seja a vez de jogar, e uma tela abrirá para cada usuário para que eles se comuniquem, tal como em um *chat*. Nesta tela estão contidas as peças de todos os usuários, além de um espaço onde podem ser escritas mensagens. Ao escrever uma mensagem, basta pressionar o botão *Mostrar aos colegas o que você escreveu* e os companheiros conseguirão ler o conteúdo da mensagem. No contexto deste trabalho, esta é uma possibilidade importante, visto que os jogadores podem combinar suas estratégias e cada uma de suas jogadas através do diálogo escrito (*chat*).

Os participantes do estudo de caso jogaram com facilidade esta ferramenta lúdica. Aprenderam também com facilidade a função de cada botão, e como utilizar o *chat*. Outros comentários sobre as atividades realizadas são feitos na próxima seção.

8.1.4 A entrevista

A entrevista foi feita tendo como base um roteiro composto por 26 perguntas, na maioria, abertas, que pode ser visto na íntegra no Anexo 4. Seu principal objetivo era colher informações junto aos participantes quanto ao experimento como um todo, a fim de que se pudesse avaliá-lo e melhorá-lo para uma nova fase. Isto é necessário porque, em conformidade com a teoria piagetiana, também neste trabalho o conhecimento acerca de como conduzir os experimentos com os pré-adolescentes para, através deles, melhor investigar as questões de tese, foi sendo construído e melhorado ao longo de sua aplicação, do contato com os pré-adolescentes, e da reconstrução do conhecimento da própria autora.

Os alunos responderam às questões em duplas ou em trios, conforme a organização que definiram para jogar. Esta opção se justifica pelo fato de que se pretendia obter opiniões, pareceres e noções a partir do grupo e não dos indivíduos¹¹¹ que o constituía. Algumas das principais informações colhidas são apresentadas a seguir.

As repostas referentes à questão “Porque escolheu esse(s) parceiro(s)?”, foi elaborada partindo do pressuposto, inclusive apontado por Piaget, de que aqueles indivíduos que possuem uma escala comum de valores tendem a elaborar com mais facilidade trabalhos conjuntos. Nesta primeira etapa, solicitou-se aos pré-adolescentes que se organizassem em duplas e trios da maneira como quisessem. As respostas dadas mostram que a grande maioria procurou agrupar-se por *amizade e afinidade*.

Com relação à questão “Foi difícil aprender a jogar?”, a grande maioria dos entrevistados julgou que foi “*fácil*” ou “*muito fácil*” aprender a jogar. A questão “Explicar quais são as regras do jogo” foi elaborada tendo como inspiração o primeiro capítulo de “O Juízo Moral na Criança” (PIAGET, 1974). Nele, Piaget dedica boa parte de seu trabalho para investigar

1º) a prática das regras, isto é, a maneira pela qual as crianças de diferentes idades as aplicam efetivamente. 2º) A consciência da regra, isto é, a maneira pela qual às crianças de diferentes idades se apresentam o caráter obrigatório, sagrado ou decisório, a heteronomia ou a autonomia inerente às regras do jogo. (PIAGET, 1994, p. 24).

Neste trabalho, interessava saber se os grupos dominavam as regras do jogo. Para isso, nesta pergunta se solicitava aos indivíduos que ditassem, com suas próprias palavras, quais

¹¹¹ Nos casos em que não houve consenso de imediato, o grupo discutia e uma única resposta era definida por eles, democraticamente.

eram as regras do jogo. Detectou-se que metade dos grupos respondeu que era necessário considerar figuras com *mesma cor e mesmo formato*. Portanto, responderam a esta questão de maneira parcialmente correta, visto que deveriam responder que deveriam considerar a cor ou o formato e tamanho das figuras. No entanto, considerando que, no diálogo que se teve com os indivíduos durante a entrevista, eles demonstraram que tinham consciência das regras, além do fato de julgarem “fácil” e “muito fácil” jogar, acredita-se que provavelmente para eles, ao responder (ditar) “*mesmo formato*” estariam querendo dizer que estava aí embutida a necessidade de que as peças deveriam ter o mesmo tamanho. Além disso, pelo desempenho apresentado por eles na prática do jogo, pode-se perceber que eles conheciam as regras e as colocaram em prática com êxito.

Durante a realização da ambientação pôde-se perceber que alguns indivíduos tiveram dificuldades para responder algumas questões. Uma pequena parte (11%) teve dificuldades para entender as perguntas e um pouco menos de metade do grupo total (42%) teve dificuldades para entender as perguntas sobre parentesco e envolvendo tabela (figuras 8.10, 8.11 e 8.12), exclusivamente. Concluiu-se que, além do agravante de um detalhe nas figuras representando a árvore genealógica (uma marcação constante no elemento pai no momento da proposição das questões referentes aos grupamentos seis e sete - Figuras 8.10, 8.11) e a ilustração organizada da esquerda para a direita (e não de cima para baixo) contribuíram para dificultar o entendimento. Quanto à dificuldade com as questões envolvendo tabela (grupamento 8, figura 8.12), referiu-se mais ao entendimento da questão em si. Além disso, o tamanho do corpo da letra foi considerado pequeno. Apesar disso, quase metade dos entrevistados (47%) julgou as questões “fáceis” ou “muito fáceis”.

Com a questão “Vocês chegaram a criar alguma estratégia para tentar ganhar do computador?” se pretendia descobrir se os indivíduos elaboraram planos a cada jogada para dificultar o descarte por parte do agente computacional. Pelas respostas e também pelo acompanhamento durante a realização do jogo, pôde-se perceber que um pouco mais que a metade deles (55%), elaborou estratégias em algumas jogadas. O restante, porém, jogou individualmente. A análise que se faz deste fato aponta duas situações: a primeira diz respeito ao espírito competitivo característico dos indivíduos nesta idade (KAMII; DEVRIES, 1980), e a segunda diz respeito ao jogo em si, que permitia que os indivíduos jogassem individualmente, apesar da possibilidade de jogarem em conjunto.

A questão “Qual o segredo para ganhar do computador e qual é a melhor jogada?”, complementar à questão anterior, tinha por objetivo identificar se de fato os indivíduos criaram conjuntamente estratégias para jogadas. Primeiramente, as duas respostas mais frequentes são complementares e parecem conter, de modo geral, o “segredo” para ganhar do computador : 1) prestar atenção ao jogo e 2) combinar as jogadas com o colega. Dois grupos se destacaram ao responderem que tentaram jogar uma carta que o computador não tivesse correspondente. Esta resposta sintetiza a idéia de “melhor jogada”, visto que, não tendo carta correspondente, o computador teria necessariamente que “pescar” outras cartas, diminuindo suas chances de vitória.

As respostas referentes à questão “Achou mais interessante jogar com ou sem computador?” mostraram que o interesse dos pré-adolescentes foi muito maior quando jogaram com o computador e isto se deve ao fato, segundo eles, de ser mais fácil de jogar, pois era possível analisar as cartas dos colegas de uma maneira simples e organizada. Do total, a maioria (75%) preferiu jogar com o computador, afirmando que era mais interessante e divertido; apenas 1 grupo preferiu o baralho real (talvez por não ter muita familiaridade com o computador), e o restante gostou de jogar de ambas as maneiras.

8.1.5 As conclusões para melhorias na etapa II

Análises feitas a partir das atividades realizadas na etapa I fizeram com que fossem tomadas algumas decisões visando a melhorias quanto à ambientação, ao jogo, e à metodologia de trabalho para a etapa II. São elas:

8.1.5.1 Quanto à ambientação

Decidiu-se por não permitir que o aluno pudesse ir diretamente para a próxima questão por simples vontade de fazê-lo, ou quando não conseguisse responder à questão atual em uma ou mais tentativas. Optou-se por oferecer-lhe a possibilidade de responder a um novo desafio, correspondente ao mesmo grupamento. Assim, o aluno teria que responder a pelo menos uma questão correspondente a cada um dos grupamentos.

Optou-se por corrigir a representação gráfica da árvore genealógica (organizada da esquerda para a direita e não de cima para baixo) que ilustrava as questões dos grupamentos 6 e 7, a fim de sanar as dúvidas quanto à compreensão dela.

Aumentou-se o tamanho do corpo da letra utilizado, que foi considerado pequeno.

Acrescentaram-se afirmações incorretas para que o aluno as analisasse quanto à sua correteza, bem como justificasse sua resposta. Esta decisão decorre do fato de que um dos elementos que indicam que determinada estrutura cognitiva está presente é também a percepção de uma construção incorreta, visto que há recusa em percorrer um caminho incorreto. Este tipo de questão, não tinha sido pensado na etapa I.

8.1.5.2 Quanto ao jogo

O principal objetivo do jogo era permitir a observação da cooperação na ação entre os agentes humanos que constituíam uma equipe com o objetivo de vencer do agente computacional. Porém, 45% dos participantes da etapa I afirmaram que jogaram individualmente. Isto foi possível devido à maneira como a ferramenta foi implementada: ela assim o permitia. De modo geral, na sua vez de jogar, o pré-adolescente definia a peça e efetuava o descarte sem considerar, por exemplo, a opinião do grupo a respeito, ou se aquela era a melhor jogada. Ou seja, ele poderia realizar sua jogada sem considerar o contexto geral de sua equipe no jogo.

Decidiu-se, então, por modificá-lo, a fim de criar condições para que a cooperação entre os agentes humanos se constituísse em um elemento básico, como que um pré-requisito às jogadas. Isso permitiria observar melhor a cooperação na ação do que o feito na etapa I. A solução encontrada foi dividir ao meio cada uma das peças do baralho das figuras geométricas e atribuí-las a cada dois companheiros. Assim, para completar uma jogada, o jogador da vez necessariamente precisaria da ajuda do companheiro que tivesse a outra metade da peça escolhida para ser descartada. Entendeu-se que desta maneira a cooperação ocorreria em cada jogada.

Além disso, percebeu-se que talvez se pudessem fazer algumas inferências sobre valores, que não fossem exclusivamente decorrentes do processo subjetivo de observação das ações *in loco*, ou da análise das respectivas fitas de vídeo. Optou-se por elaborar outra versão do jogo; uma versão em que os alunos escolhessem os parceiros da equipe com os quais jogariam, e assim o fariam considerando esta uma atividade de “prestação de serviço”, que geraria débitos e créditos dos participantes e este seria também outro critério para identificar

um vencedor. Fez-se, portanto, uma interpretação da teoria qualitativa de valores de Piaget para ser utilizada nesta outra versão do jogo.

Na etapa I havia uma dúvida quanto à utilização do baralho usado no jogo (virtual), visto que, mesmo estando os participantes no período operatório-concreto avançado, a manipulação de objetos concretos é importante. Considerando que 75% dos participantes na etapa I preferiram jogar no computador, 20% preferiram jogar tanto com o computador quanto com o baralho real, e que apenas um grupo preferiu jogar com o baralho real ao invés de jogar com o computador, concluiu-se que as implicações da utilização do baralho proporcionado pelo software não interfeririam nas operações necessárias para a cooperação na ação. Sendo assim, decidiu-se por não utilizar o baralho real na etapa II.

8.1.5.3 Quanto à metodologia

Na etapa I, vários grupos desenvolveram suas atividades simultaneamente. Para a etapa II optou-se por viabilizar que apenas dois grupos estivessem trabalhando a cada tempo. Entendeu-se que seria mais produtivo e relevante observar com mais atenção uma quantidade reduzida de participantes operando juntos. Assim, poder-se-ia colher informações através da *Ambientação*, pelas operações realizadas por eles durante o jogo, pela entrevista, e pela observação do conjunto das atividades realizadas por eles.

Na primeira etapa, solicitou-se aos pré-adolescentes que se organizassem em duplas e trios, constituindo seu próprio grupo para jogarem. Observou-se que a maioria dos grupos se formou por amizade ou por afinidade. Optou-se, na segunda etapa, por solicitar à orientadora educacional do Colégio, que organizasse os grupos de 5 ou 6 alunos (2 grupos) que se dirigiriam à UNIOESTE a cada dia, observando a única condição de que os mesmos alunos já se conhecessem previamente.

Isto era necessário porque se pretendia observar a atuação cooperativa (ou não) de grupos que eventualmente não fossem constituídos exclusivamente por amigos. A expectativa era a de que, possivelmente, dentro do conjunto de alunos com os quais se trabalharia, seria possível observar grupos compostos exclusivamente por amigos, por indivíduos que seriam apenas companheiros de sala de aula ou não, e por indivíduos que fossem até antagônicos. O objetivo era observar, na medida do possível (através de perguntas sobre os interesses de cada um), a influência dos valores desses indivíduos na atuação prática conjunta.

Quanto às escalas de valores individuais, nunca foi pretensão deste trabalho identificá-las ou mapeá-las. A intenção foi a de estabelecer relações entre as ações que os indivíduos efetuariam em equipe e seus valores, objetivando verificar com mais atenção o que já havia sido apontado por Piaget e observado durante a etapa I: o grupo trabalha mais e melhor quando seus membros possuem escalas de valores compatíveis.

Em conformidade com a opção por trabalhar com o *Método Monográfico*¹¹², um método científico específico das ciências sociais, e já tendo vivido a experiência relatada na etapa I, julgou-se que se ganharia qualitativamente em estendendo o tempo de acompanhamento das atividades dos pré-adolescentes envolvidos, mesmo que se diminuísse a quantidade de indivíduos da amostra (em relação à fase anterior).

¹¹² A proposta deste método é que “[...] partindo do princípio de que qualquer caso que se estude em profundidade pode ser considerado representativo de muitos outros ou até de todos os casos semelhantes, o método monográfico consiste no estudo de determinados indivíduos, profissões, condições, instituições, grupos ou comunidades, com a finalidade de obter generalizações.” (LAKATOS; MARCONI, 1989, p. 81).

Para a etapa II também já se tinha maior clareza com respeito à relação que se pretendia estabelecer entre as características de agentes computacionais e as características de trabalhos em grupo com pré-adolescentes. Então, questões da entrevista já tinham como objetivo explorar também essa relação.

8.2 Etapa II do estudo de caso

Consideradas as observações feitas a partir da realização da etapa I, e os novos encaminhamentos descritos na seção anterior, procedeu-se à realização da etapa II. Trinta e dois pré-adolescentes participaram das atividades desta segunda etapa do estudo de caso. Eles estiveram nas dependências dos laboratórios de informática da UNIOESTE nas primeiras duas semanas do mês de maio de 2005.

Este número deveu-se à quantidade de grupos participantes que foi julgada adequada para colher os dados necessários para as respectivas análises, visto que representa boa parte da população¹¹³ disponível para os testes, na oportunidade. Não é possível, a partir daí, fazer inferências estatísticas¹¹⁴ sobre os resultados obtidos extrapolando-os para todos os alunos matriculados em sextas séries. Essa amostra¹¹⁵, seus resultados e análises são válidos para esses estudos de caso realizados. Porém, não obstante essas considerações, segundo o Método Monográfico, fornecem um forte indicativo de comportamento análogo a este público-alvo (pré-adolescentes de onze/doze anos).

Organizaram-se as atividades de cada um dos dias (entre os dias 2 e 13 de maio/2005), que foram devidamente filmadas e fotografadas, da seguinte maneira:

- 1) Foi feita a recepção aos alunos e esclarecido o objetivo do projeto.
- 2) Foi solicitado a eles que individualmente respondessem às questões da *Ambientação*.
- 3) Foram explicadas as regras do jogo.
- 4) Foi solicitado que se dividissem em grupos de dois e de três indivíduos.
- 5) Foi solicitado que jogassem as versões do jogo (sem e com “prestação de serviços”).
- 6) Foi solicitado que participassem de uma entrevista.

Algumas destas atividades são ilustradas a seguir. A Figura 8.14 mostra uma aluna executando as tarefas propostas pela *Ambientação*. A Figura 8.15 mostra dois alunos jogando a versão I do JCFG. A Figura 8.16 mostra um grupo de três alunos jogando a versão II do JCFG. A Figura 8.17 mostra a realização de uma entrevista com dois alunos.

¹¹³ Os termos “população” ou “universo” designam um “[...] conjunto de elementos abrangidos por uma mesma pesquisa.” (SAMPAIO, 2005, p. 2).

¹¹⁴ “Inferência Estatística é o estudo de técnicas que possibilitam a extrapolação, a um grande conjunto de dados, das informações e conclusões obtidas a partir de subconjuntos de valores, usualmente de dimensões muito menores.” (TOREZANI, 2005, p. 2).

¹¹⁵ O termo “amostra” designa uma “[...] parte ou subconjunto de uma população.” (SAMPAIO, 2005, p. 2).



Figura 8.14 - Aluna executando a ambientação



Figura 8.15 - Alunos jogando a versão I do Jogo



Figura 8.16 - Alunos jogando a versão II do Jogo



Figura 8.17 - Alunos respondendo a entrevista

8.2.1 A ambientação

Nesta fase, ao todo foram propostas 16 questões para cada participante. Todas as questões referiram-se a noções relativas aos oito grupamentos lógico-matemáticos. Em oito delas, semelhantemente à fase I, foi solicitado que o participante resolvesse um problema. As oito questões restantes eram constituídas de afirmações que continham erro, visto que a presença de determinada estrutura cognitiva faz com que o indivíduo recuse uma construção incorreta. Se o indivíduo identifica o erro, reforça a conclusão de que aquela estrutura cognitiva já foi construída por ele. Assim, apresentada a questão, foi solicitado que ele confirmasse ou não a existência do erro e justificasse a resposta. Para diferenciar das oito primeiras questões, elas são denominadas, neste texto, como “questões de contraprova”.

As questões referentes aos cinco primeiros grupamentos foram as mesmas apresentadas na fase I (exemplos são ilustrados nas Figuras 8.5 a 8.9, apresentadas anteriormente). As questões referentes aos três últimos grupamentos foram modificadas conforme necessidade detectada na fase I. Exemplos de questões desses últimos três grupamentos são apresentadas a seguir. Note-se (em comparando com as respectivas questões apresentadas na fase I – Figuras 8.10, 8.11 e 8.12) que o *lay-out* e a apresentação das questões foram modificadas.

Em todas as telas o botão *Desafio* apresenta a questão a ser resolvida. O botão *Reiniciar* permite recomeçar a mesma questão. O botão *Terminei!* é utilizado para informar que aquele desafio foi respondido. As respostas de cada aluno foram gravadas em arquivo para análise posterior. Um exemplo deste arquivo é mostrado no Anexo 5.

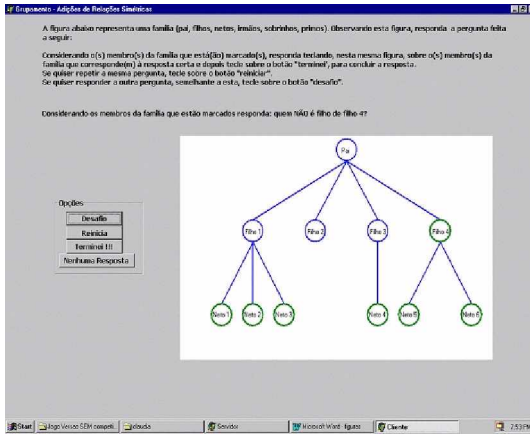


Figura 8.18 - Exemplo de questão referente ao grupamento seis

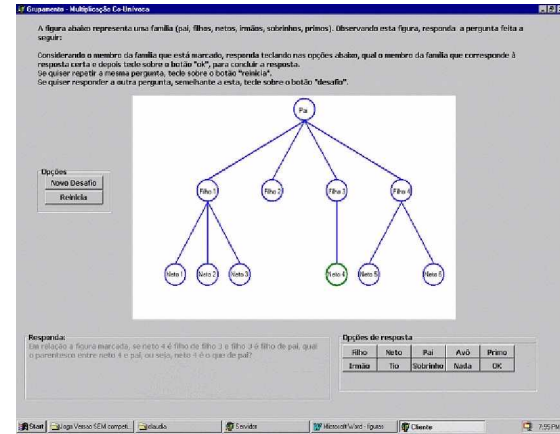


Figura 8.19 - Exemplo de questão referente ao grupamento sete

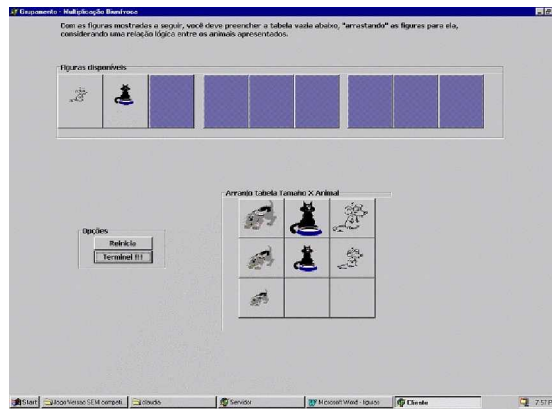


Figura 8.20 - Exemplo de questão referente ao grupamento oito

Um exemplo de cada uma das oito contra-provas é mostrado a seguir. Uma vez apresentada a questão, o participante poderia informar se estava correto ou não. Caso ele respondesse que estava correto, era-lhe perguntado se tinha certeza. Se ele respondesse que sim, uma nova questão do mesmo grupamento era-lhe apresentada. Se ele respondesse que estava incorreto, lhe era solicitado que informasse o motivo da incorreção.

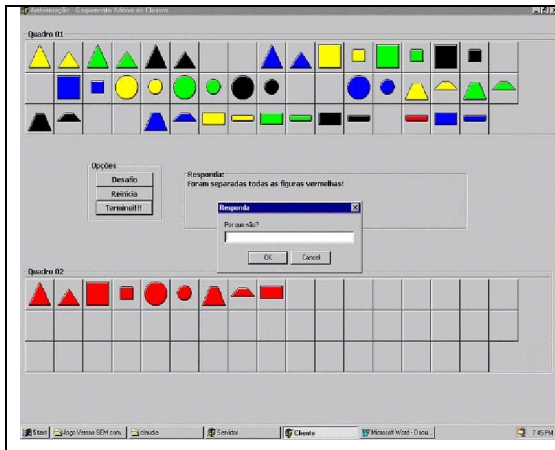


Figura 8.21 - Contraprova: grupamento um

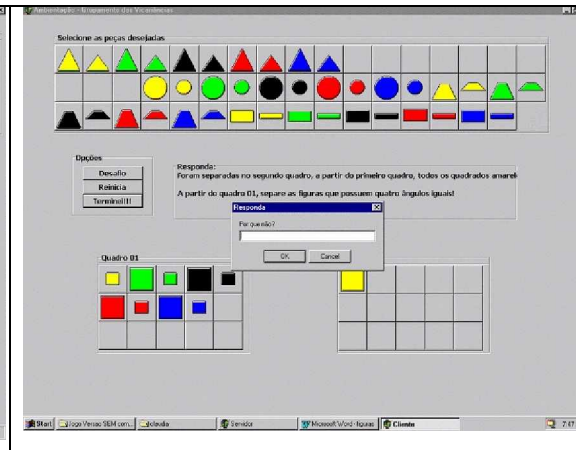


Figura 8.22 - Contraprova: grupamento dois

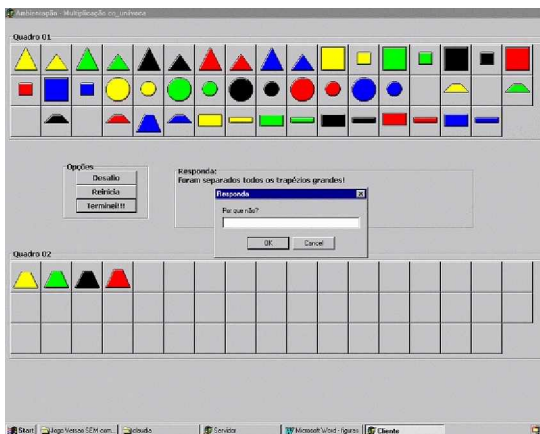


Figura 8.23 - Contraprova: grupamento três

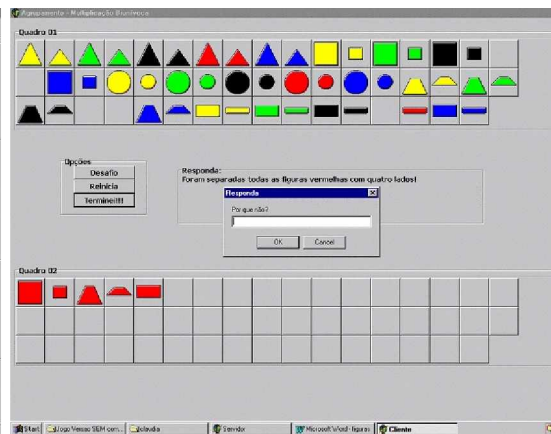


Figura 8.24 - Contraprova: grupamento quatro

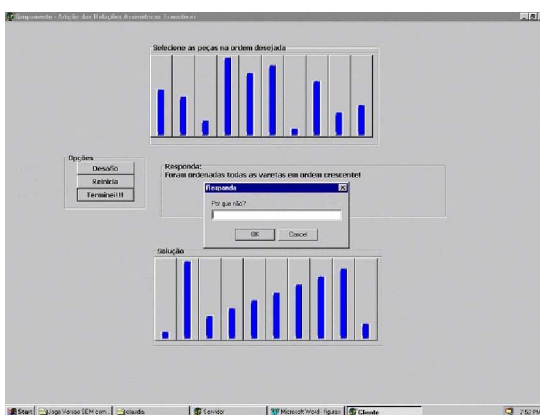


Figura 8.25 - Contraprova: grupamento cinco

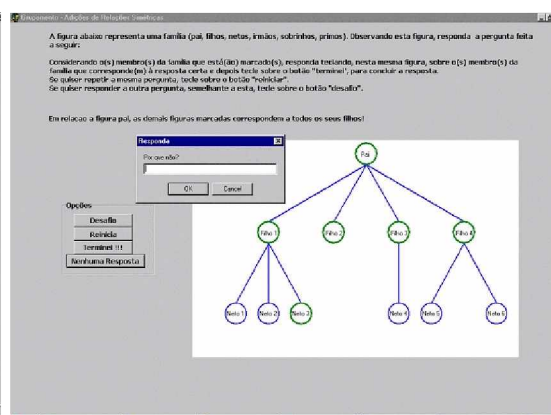


Figura 8.26 - Contraprova: grupamento seis

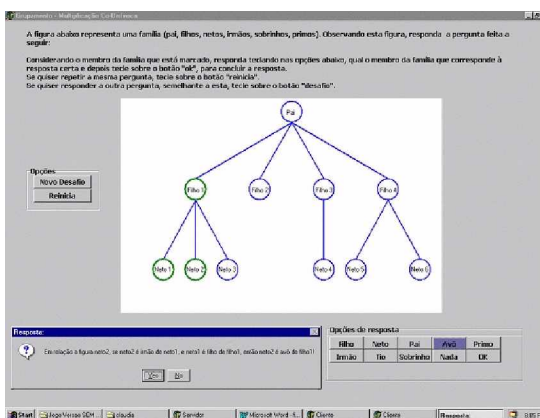


Figura 8.27 - Contraprova: grupamento sete

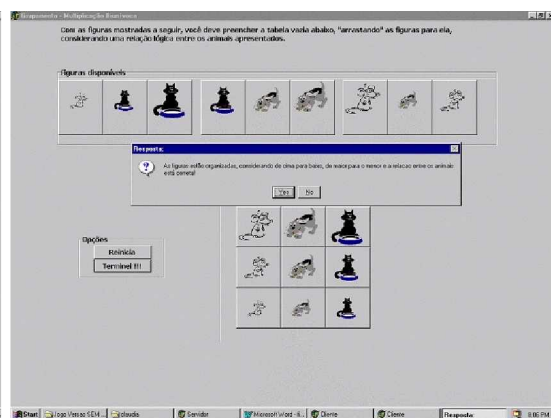


Figura 8.28 - Contraprova: grupamento oito

A tabela mostrada a seguir apresenta os resultados obtidos a partir de 28 arquivos contendo o desempenho dos participantes na *Ambientação*. Por motivos técnicos, as respostas de 4 participantes não foram gravadas, o que levou à sua desconsideração. A Tabela 8.4 ilustra os resultados referentes às provas e contraprovas relativas aos quatro primeiros grupamentos.

A primeira parte da Tabela 8.4 mostra que os participantes conseguiram responder às provas relativas aos grupamentos de classes, em grande parte, entre a primeira e segunda tentativas: referente ao primeiro grupamento, 86% dos participantes; referente ao segundo grupamento, 68%; ao terceiro, 86%; ao quarto, 100%.

Uma observação cabe com relação ao segundo grupamento, o das vicariâncias, que obteve menor índice de acertos nas duas primeiras tentativas, em o comparando com os demais. Tendo como base a observação no momento da resolução das questões propostas, acredita-se que as dificuldades apresentadas decorrem do fato de que as questões eram divididas em duas fases, em que na primeira se preenchia o primeiro quadro e na segunda se preenchia o segundo, a partir do primeiro (ver Figura 8.6). Em várias situações o aluno optava por resolver novo desafio por não considerar que deveria teclar sobre as figuras do primeiro quadro para que elas fossem deslocadas para o segundo. Ou seja, acredita-se que o maior número de respostas corretas conseguidas em mais tentativas refere-se a esta particularidade da questão, e não à dificuldade cognitiva.

Tabela 8.4 - Resultados da ambientação: grupamentos de classes

Grupamento de Classes – Prova			
1) Grupamento Aditivo de Classes			2) Grupamento das Vicariâncias
Acertou na primeira tentativa	20		Acertou na primeira tentativa
Acertou na segunda tentativa	4		Acertou na segunda tentativa
Acertou na terceira tentativa	1		Acertou na terceira tentativa
Acertou depois da terceira tentativa	3		Acertou depois da terceira tentativa
3) Grupamento Multiplicação Co-Unívoca			4) Grupamento Multiplicação Biunívoca
Acertou na primeira tentativa	21		Acertou na primeira tentativa
Acertou na segunda tentativa	3		Acertou na segunda tentativa
Acertou na terceira tentativa	4		Acertou na terceira tentativa
Acertou depois da terceira tentativa			Acertou depois da terceira tentativa
Grupamento de Classes – Contraprova			
1) Grupamento Aditivo de Classes			2) Grupamento das Vicariâncias
Acertou na primeira tentativa	20		Acertou na primeira tentativa
Acertou na segunda tentativa	6		Acertou na segunda tentativa
Acertou na terceira tentativa	1		Acertou na terceira tentativa
Acertou depois da terceira tentativa	1		Acertou depois da terceira tentativa
3) Grupamento Multiplicação Co-Unívoca			4) Grupamento Multiplicação Biunívoca
Acertou na primeira tentativa	21		Acertou na primeira tentativa
Acertou na segunda tentativa	2		Acertou na segunda tentativa
Acertou na terceira tentativa			Acertou na terceira tentativa
Acertou depois da terceira tentativa	5		Acertou depois da terceira tentativa

A segunda parte da Tabela 8.4 mostra que os participantes também conseguiram responder às contra-provas relativas aos grupamentos de classes, na maioria, entre a primeira e a segunda tentativas. Particularmente, 85% dos participantes assim o fizeram nas questões

relativas ao primeiro grupamento; referente ao segundo grupamento, foram 96%; ao terceiro, 82%; ao quarto, 86%.

A Tabela 8.5, mostrada a seguir, ilustra os resultados referentes às provas e contraprovas relativas aos grupamentos de relações. A primeira parte da Tabela 8.5 mostra que os participantes conseguiram responder às provas relativas aos grupamentos de relações, em grande parte, entre a primeira e segunda tentativas. Especificamente referente ao primeiro grupamento, 89% dos participantes assim o fizeram; referente ao segundo grupamento, 82% ; ao terceiro, 87%; ao quarto, 89% dos participantes.

A segunda parte da Tabela 8.5 mostra que 96% dos participantes conseguiram responder às contraprovas relativas aos grupamentos 5, 6 e 8 entre a primeira e segunda tentativas, e 93% deles assim o fizeram referente ao grupamento 7.

Os resultados mostrados nas Tabelas 8.4 e 8.5, de modo semelhante ao que se obteve na fase I (ver Seção 8.1.2), mostram que os alunos que participaram deste estudo de caso não tiveram dificuldades em responder às questões da *Ambientação* (o que corrobora também as informações colhidas na entrevista – ver Seção 8.1.3). Isto indica que suas estruturas cognitivas apresentam características semelhantes àquelas descritas por Piaget sobre indivíduos que se encontram no período operatório-concreto. Sendo assim, pode-se dizer que esses indivíduos são capazes de realizar a cooperação na ação, e jogar com êxito o Jogo Cooperativo das Figuras Geométricas, versões I e II.

Tabela 8.5 - Resultados da ambientação: grupamentos de relações

Grupamento de Relações – Prova			
5) Grupamento Adição das Relações Assimétricas Transitivas		6) Grupamento Adição das Relações Simétricas	
Acertou na primeira tentativa	22	Acertou na primeira tentativa	20
Acertou na segunda tentativa	3	Acertou na segunda tentativa	3
Acertou na terceira tentativa	1	Acertou na terceira tentativa	2
Acertou depois da terceira tentativa	2	Acertou depois da terceira tentativa	3
7) Grupamento Multiplicação Co-Unívoca		8) Grupamento Multiplicação Biunívoca	
Acertou na primeira tentativa	18	Acertou na primeira tentativa	19
Acertou na segunda tentativa	6	Acertou na segunda tentativa	6
Acertou na terceira tentativa	2	Acertou na terceira tentativa	3
Acertou depois da terceira tentativa	2	Acertou depois da terceira tentativa	
Grupamento de Relações – Contraprova			
5) Grupamento Adição das Relações Assimétricas Transitivas		6) Grupamento Adição das Relações Simétricas	
Acertou na primeira tentativa	26	Acertou na primeira tentativa	23
Acertou na segunda tentativa	1	Acertou na segunda tentativa	4
Acertou na terceira tentativa		Acertou na terceira tentativa	
Acertou depois da terceira tentativa	1	Acertou depois da terceira tentativa	1
7) Grupamento Multiplicação Co-Unívoca		8) Grupamento Multiplicação Biunívoca	
Acertou na primeira tentativa	23	Acertou na primeira tentativa	19
Acertou na segunda tentativa	3	Acertou na segunda tentativa	8
Acertou na terceira tentativa	1	Acertou na terceira tentativa	1
Acertou depois da terceira tentativa	1	Acertou depois da terceira tentativa	

8.2.2 O jogo: versão II e com mecanismo de valores

Nesta segunda etapa foram implementadas duas versões do Jogo Cooperativo das Figuras Geométricas (JCFG), uma contendo as modificações definidas na etapa I, e outra versão cuja diferença era a existência de um mecanismo de registro e acumulação de débitos e créditos. Cada grupo jogou várias vezes ambas as versões.

O JCFG está limitado no máximo a quatro participantes: o agente computacional e dois ou três jogadores humanos que jogam contra ele. Ele conta com quatro peças nas seguintes formas geométricas: retângulo, círculo, triângulo e pentágono. Cada peça pode ser grande ou pequena e nas cores azul, vermelho, preto, amarelo e verde, totalizando 60 peças (20 peças inteiras e quarenta “meias-peças” – uma meias-peça é uma peça cortada ao meio). Todas as peças e meias-peças são distribuídas aleatoriamente, uma única vez a cada jogada.

O computador recebe 20 peças inteiras e os jogadores as demais 40 que são constituídas de meias-peças. Se forem dois jogadores, cada um recebe vinte meias-peças. Se forem três jogadores, dois deles recebem 13 meias-peças e um 14 meias-peças.

É importante ressaltar que a maneira com que o sorteio das peças é feito é a seguinte: o computador sorteia uma forma, cor e tamanho, dentro das 40 possibilidades. Se a peça é para ser distribuída ao agente, ela já é constituída inteira. Se é para ser distribuída a um dos participantes, ela é constituída pela metade, e a outra metade é atribuída a um de seus companheiros. Isso garante que a distribuição seja igualitária ou justa, bem como impede que um deles receba duas meias-peças que se complementam.

Inicia o jogo quem tiver uma peça que seja igual àquela sorteada pelo computador. A peça sorteada pelo computador obrigatoriamente ou o agente possui ou é constituída por duas meias-peças pertencentes aos usuários. Assim, ao sortear a peça, ela é retirada automaticamente ou do agente ou de dois jogadores, o que constitui uma vantagem.

A partir da peça inicial, o jogador da vez deve tentar encaixar uma de suas peças naquela sorteada pelo computador. Este encaixe deve estar relacionado com a cor ou formato e tamanho da peça que ele possui com relação àquela a ser encaixada.

A partir da segunda jogada, sempre existirão duas pontas que podem receber descartes. Isto significa que o jogador da vez pode descartar a peça considerando um ou outro lado da seqüência de peças já descartadas.

Por exemplo, se o jogo iniciar com uma peça retangular, de cor azul e tamanho grande, a peça seguinte a ser jogada deve ser azul (cor) ou retangular e grande (formato e tamanho). Quando durante o jogo aparecer uma peça triangular, amarela e pequena, a seguinte deve ser uma peça amarela (cor) ou triangular e pequena (formato e tamanho).

Os jogadores podem combinar para decidir qual peça deve ser jogada em função das metades que possuem. Esta combinação é feita via *chat* (diálogos escritos), sem que o agente saiba o que eles estão combinando, e/ou caso os indivíduos estejam em computadores próximos, através de diálogos falados. Os jogadores têm acesso visual às meias-peças que possuem, bem como as dos companheiros. Isto auxilia na criação de estratégias em grupo para vencer o jogo.

Caso seja a vez de algum participante jogar e ele não possuir a meias-peça que atenda ao requisito de cor ou formato e tamanho e que seus companheiros possam completá-la, ele deve “passar a vez”, de maneira que perderá a oportunidade de descartar uma das peças. Então a vez de jogar passa a ser a do próximo jogador. Esta é uma penalidade visto que ganha o jogo quem terminar primeiro suas peças, o agente ou os oponentes.

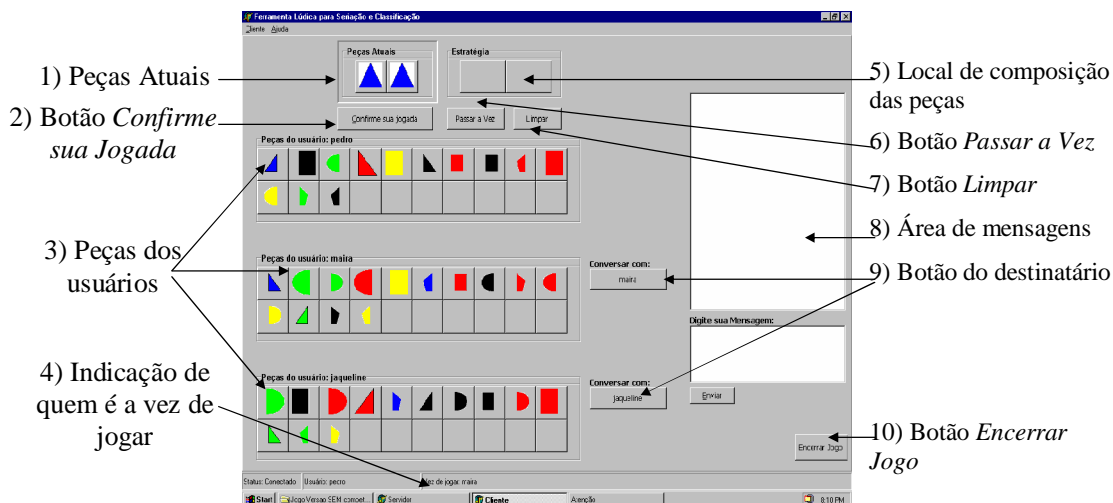


Figura 8.29 - Ilustração da tela para três jogadores – versão I

A Figura 8.29 ilustra uma tela do jogo da etapa II para três jogadores, ressaltando:

- 1) As peças atuais que representam as “pontas” da seqüência, ou seja, aquelas peças que devem sofrer comparações por parte dos jogadores.
- 2) O botão *Confirme sua jogada*, que é utilizado para finalizar uma jogada.
- 3) As peças que cada um dos usuários possui naquele momento.
- 4) A indicação de quem é a vez de jogar.
- 5) O local onde cada meias-peça será colocada, a fim de compor uma peça completa.
- 6) O botão *Passar a vez*, que viabiliza que um jogador que não possui nenhuma peça que possa ser descartada passe a vez de jogar.
- 7) O botão *Limpar*, que permite corrigir as meias-peças descartadas antes da conclusão de uma jogada.
- 8) O local de compor e ler mensagens.
- 9) O nome dos companheiros para quem se pode enviar uma mensagem.
- 10) O botão *Encerrar Jogo*, que finaliza uma partida a qualquer momento.

No caso da segunda versão implementada, o que muda com relação à primeira versão é a consideração de débitos e créditos. Como já mencionado, cada jogada (com exceção da jogada do agente) é composta por duas meias-peças que, juntas, compõem uma peça inteira. Para constituir uma peça inteira, é preciso que sejam reunidas as duas meias-peças correspondentes, que sempre pertencem a jogadores diferentes.

O jogador da vez, percebendo qual de seus companheiros pode complementar sua jogada, convida-o para dela participar, via *chat* ou conversando diretamente com ele caso os computadores estejam próximos. O jogador que coopera com o jogador da vez na composição da peça acaba recebendo um crédito em relação a ele. O jogador que solicita a participação do outro fica em débito para com aquele jogador que cooperou com ele. Cada interação vale um ponto: no débito do jogador da vez, no crédito do jogador que cooperou na jogada. Para apresentar esta pontuação, existe um mostrador de créditos e débitos que fica à disposição de

todos. A Figura 8.30 ilustra a versão com mecanismo de valores, e resalta apenas o diferencial com relação à primeira versão, explicada anteriormente.

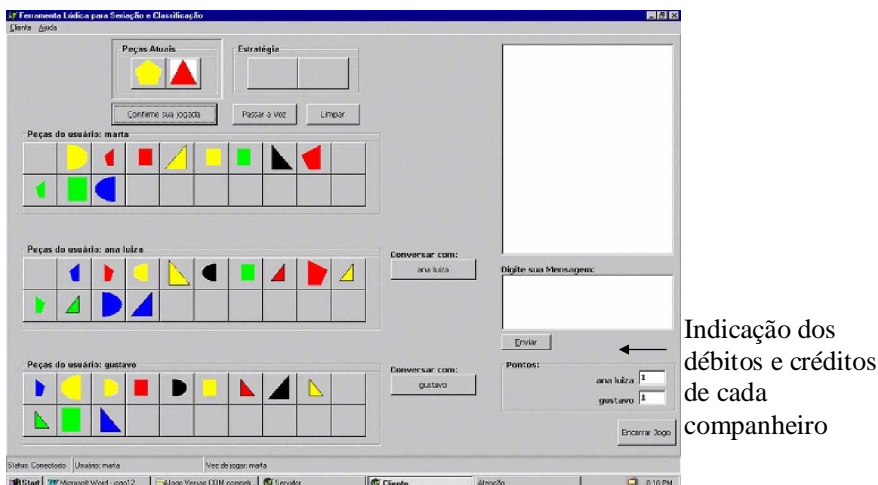


Figura 8.30 - Ilustração da tela para três jogadores – versão II

O jogo é vencido ou perdido pelo agente ou pelo grupo que joga contra ele, quando um deles descartar primeiro suas peças. Ganha individualmente o jogador que tiver menos débitos e menos créditos. Para isso, quando de sua jogada, o jogador considera a tabela de seus débitos e créditos. Para ganhar créditos ou pagar débitos, ele deve aceitar as propostas de compor as meias-peças com seus companheiros. Ele adquire débitos para com aqueles que aceitam cooperar com ele.

Há que se destacar que este jogo, ao contrário de um jogo coletivo realizado “fora” do computador, onde a habilidade motora individual implica no desempenho do grupo, as habilidades motoras individuais (como, por exemplo, usar bem o teclado ou o *mouse*) não implicam no desempenho do grupo. Ou seja, mesmo que o jogador da vez demore ou erre a jogada, devendo reiniciá-la, o jogo fica em suspenso aguardando que ele a conclua. Isto é válido para aqueles que têm e para os que não têm destreza com o computador. Esta característica é interessante do ponto de vista deste trabalho, visto que permite centrar as observações nas operações conjuntas (cooperação) necessárias para sua consecução.

8.2.3 A entrevista

A entrevista foi feita tendo como base um roteiro composto por 37 perguntas, sendo na maioria abertas, o que pode ser visto no Anexo 6. Ela foi realizada com cada grupo de alunos que, juntos, jogaram o JCFG. Como feito na etapa I, pretendia-se obter as respostas a partir da perspectiva do grupo. Além disso, nesta etapa se pretendia também associar essas respostas com os diversos tópicos de pesquisa sobre agentes computacionais. Assim, a opinião da coletividade era fundamental para que se tivesse uma melhor compreensão sobre o trabalho conjunto, a partir do próprio conjunto.

Ao todo foram 12 entrevistas, abrangendo os 32 participantes, sendo 15 meninos e 15 meninas. Foram quatro grupos de dois alunos e oito grupos de três alunos. Desses, 17 possuíam onze anos, 11 possuíam doze anos, 2 deles treze anos e 2, quatorze anos. Todas as entrevistas foram filmadas e as respostas anotadas no formulário contendo o roteiro da entrevista. Algumas das principais informações colhidas são apresentadas a seguir.

8.2.3.1 Sobre características gerais

Todos os entrevistados gostam de usar computador, mesmo aqueles que o utilizam apenas algumas vezes, e na escola. Julgaram muito fácil responder às questões da *Ambientação* bem como aprender a jogar. Gostaram de ambas as versões do jogo, mas preferiram a versão II, porque ela viabilizava um aspecto de competição que motivava mais os participantes. Gostaram da estética do programa e enfatizaram que gostaram muito de usar o *chat*¹¹⁶. E além do *chat*, também realizaram conversas paralelas no decorrer do jogo, principalmente para orientar quem era o jogador da vez, e quem era o companheiro que “fechava” a peça com ele. O termo “fechar” foi utilizado pelos participantes no sentido de completar a meias-peça correspondente.

Houve casos em que os grupos foram vitoriosos, e em outros perderam ou empataram o jogo. Apenas em dois casos um participante se sobressaiu em relação ao grupo, ou seja, foi líder do grupo; nos demais casos, houve igualdade entre os participantes. Todos responderam corretamente às regras do jogo, e, quando solicitado que as ditassem, informaram que se deveriam encaixar as peças por cor ou por formato e tamanho. Afirmaram que jogaram quantidade de vezes suficiente o jogo para se dizerem “craques”, dominadores das regras e dos mecanismos de manipulação.

8.2.3.2 Sobre estratégias de jogo

Quase que a totalidade dos grupos afirmou que não combinavam as jogadas antes de jogar (situação que se repetiu, considerando a fase I). O procedimento-padrão era deixar que o jogador da vez definisse qual peça desejava jogar e os demais verificavam quem “fecharia” a peça com ele.

Questionados sobre se julgavam que aumentariam as chances de vitória caso combinassem todas as jogadas, 97% deles afirmaram que sim (apenas um grupo respondeu “talvez”). Um grupo chegou a afirmar que “*melhoraria a técnica dos membros do grupo e com certeza não precisariam ‘passar a vez’*”¹¹⁷.

Novamente indagados, uma vez que julgavam que aumentariam as chances de vitória se combinassem as jogadas, e já que sabiam como combinar as jogadas, por que não o fizeram, eles responderam que preferiram ficar trocando mensagens no *chat*, que preferiam jogar bem rápido para ver os resultados também rapidamente, que combinar jogadas demorava muito, além de que poderia ocorrer os colegas não concordarem com a jogada.

Ainda perguntados sobre se chegaram a criar alguma estratégia para tentar ganhar do agente computacional, apenas um grupo respondeu que chegaram a combinar e jogar peças desconfiando que o computador não tivesse uma peça correspondente para descartar. Porém, a grande maioria dos participantes respondeu que não criou nenhuma estratégia para ganhar do agente. Estas questões, consideradas importantes no contexto deste trabalho, são discutidas na próxima seção.

¹¹⁶ Os participantes gostaram de usar o *chat*, mas do ponto de vista da investigação, o *chat* mostrou-se um elemento dispersor, ou seja, em vários casos os participantes preferiram trocar mensagens do que se concentrarem no jogo.

¹¹⁷ “Passar a vez” é a situação em que o jogador da vez não possui nenhuma peça que pode ser descartada. Ele não joga nenhuma peça, o que se caracteriza uma vantagem para o agente e uma desvantagem para o grupo.

8.2.3.3 Sobre constituição, trabalho em grupo e cooperação

Apenas quatro grupos se formaram pela vontade própria dos participantes. Nesses casos, formam o grupo pela amizade. Os demais grupos foram constituídos a partir do conjunto de indivíduos que estavam disponíveis para participar das atividades. Isto ocorre porque o conjunto de cinco ou seis alunos que trabalharam em um determinado dia de atividades, mesmo sendo sempre da mesma série (6ªA, 6ªB ou 6ªC), foi selecionado pela orientadora educacional do Colégio, e nem sempre eram parceiros comuns ou efetivamente amigos dentro e fora da sala de aula.

Perguntados sobre se julgavam que o resultado obtido nas vezes em que jogaram seria o mesmo se outros parceiros constituíssem o grupo, foram unânimes em responder que não. Dez grupos afirmaram que o resultado seria muito melhor se o grupo fosse formado apenas por amigos. Por fim, um grupo afirmou que, sendo as pessoas diferentes, certamente jogariam de maneira diferente e, portanto, os resultados seriam diferentes.

Questionados sobre como normalmente escolhem parceiros para realizar trabalhos em grupo, afirmaram que o fazem selecionando dentre os amigos. Um grupo afirmou que *“se forem amigos, mesmo que não seja o melhor (mais inteligente) tem a possibilidade de fazer juntos e aprender juntos”* (inserção nossa). A segunda característica apontada para seleção de parceiros foi a colaboração por parte do candidato. Alguns grupos comentaram sobre o fato de que os grupos geralmente são constituídos por semelhança: *“inteligentes com inteligentes, bagunceiros com bagunceiros”*.

Julgam que o “segredo” para que um grupo trabalhe bem em conjunto é que seus membros devem se entender, se respeitar e serem amigos. E, mesmo sabendo que parceiros têm qualidades e defeitos, acreditam que o trabalho em grupo pode ser feito com sucesso se houver os mesmos ingredientes de entendimento, respeito e amizade.

A noção que possuem sobre o que faz um colega ajudar o outro é que colegas se ajudam simplesmente porque são amigos, e fazem isso porque se sentem bem e, em alguns casos, porque esperam retribuição. Um grupo afirmou que *“Quanto mais a gente se ajuda, mais ficamos próximos. Quando um ajuda o outro, todos fazem coisas melhores”*.

Indagados sobre se preferem trabalhar sozinhos ou em grupo, afirmaram que preferem trabalhar em grupo e justificam esta opção afirmando que, estando em grupo e sendo este grupo formado por amigos, o trabalho sai mais facilmente e de melhor qualidade. Além disso, há o fator de prazer: entre amigos muitas coisas acontecem e é muito mais divertido.

Questionados sobre o conceito que possuíam sobre cooperação, foram unânimes em responder que significa *“um ajudar o outro”*. Levando em conta este conceito, perguntados sobre se o jogo poderia ser denominado cooperativo, foram unânimes em responder que sim, visto que não poderiam jogá-lo sozinhos. Era preciso que pelo menos o colega cooperasse jogando as meias-peças que possuía “fechando” a peça do companheiro. Um grupo chegou a afirmar que o jogo era cooperativo e a prova disso é que, para jogá-lo, cada participante deveria *“ajudar o outro com palavras e com peças”*.

8.2.3.4 Com relação a temáticas relacionadas a agentes computacionais

A Tabela 8.6 mostra uma relação de características importantes para a pesquisa sobre agentes computacionais e a correspondente síntese da concepção dos pré-adolescentes com respeito a ela. A tabela foi elaborada a partir da entrevista realizada com os pré-adolescentes que fizeram parte dos estudos de caso.

Tabela 8.6 - Relação de características entre agentes humanos e agentes computacionais

Característica	Para os pré-adolescentes participantes
Regras	Compreendem, elaboram, assumem e respeitam regras.
Valores	Possuem valores individuais e os defendem e prezam.
Comunicação / sinais	Além da linguagem falada que lhes é comum, às vezes utilizam símbolos e sinais com significados próprios.
Interesse, motivação	Prazer.
Tipo de sociedade	Geralmente fechada (“panelinhas”).
Formação de grupos	Se voluntária, pela amizade, senão, aceitam imposição por parte de um líder reconhecido.
Definição de objetivos	Democrática ou por definição de líder eleito pelo grupo.
Formação de planos	Democrática.
Confiança	83,3% confiam sempre nos parceiros.
Delegação	Todos delegam tarefas.
Adoção de objetivos	92% adotam objetivos de parceiros.
Deliberação	Democrática.
Tomada de decisão	Democrática.
Igualdade	83,3% sentem-se iguais aos parceiros.
Reciprocidade	83,3% acreditam na reciprocidade.
Cooperação	Acreditam que todos devem se auxiliar mutuamente.

A Tabela 8.6 mostra como os pré-adolescentes investigados, quando pertencentes a um grupo de trabalho, sentem-se em relação a ele. Foi interessante notar, durante a entrevista, o vigor com que respeitam regras e defendem valores. Criam e utilizam entre seus pequenos grupos sinais próprios para serem entendidos apenas por eles. O principal fator que os impulsiona a desenvolver qualquer tipo de atividade é o prazer. São democráticos e esperam esta postura por parte de seus parceiros. Nem sempre confiam nos seus parceiros porque a experiência já lhes mostrou que existem pessoas que, às vezes, não cumprem com o que prometem, especialmente nos casos em que o grupo é formado por imposição externa. Na grande maioria das vezes sentem-se iguais aos demais membros do grupo e esperam reciprocidade. Acreditam na força da cooperação no sentido de um ajudar o outro.

8.2.4 Comentários sobre as observações decorrentes das etapas I e II

Um dos objetivos do trabalho de tese era relatar *observações sobre a cooperação na ação humana*, sob uma perspectiva piagetiana. Este relato é feito a seguir, enfatizando aspectos quanto à estrutura cognitiva, a cooperação e os valores, que foram observados a partir das duas etapas do estudo de caso realizado, mas em especial, a etapa II.

Note-se que o relato dessas observações resulta de uma interpretação das ações realizadas pelos pré-adolescentes. Isto é assim porque não é possível enxergar as estruturas cognitivas em ação, nem individualizar a totalidade das operações necessárias para efetivar as cooperações, e nem mesmo precisar os valores envolvidos.

Também é preciso dizer que os exemplos e descrições apresentadas decorrem do acompanhamento da realização do jogo, junto aos pré-adolescentes participantes, em pelo

menos 50 vezes¹¹⁸. Em vários desses momentos foi possível observar condutas interessantes, por vezes surpreendentes, e que são relatados a seguir.

8.2.4.1 Quanto à estrutura cognitiva: o ponto de vista individual

Foi possível observar os participantes realizando operações¹¹⁹, ou seja, empregando suas estruturas cognitivas na execução de ações durante o jogo. Apesar de serem exemplificadas situações ocorridas durante a realização do jogo utilizado na etapa II (figuras geométricas compostas por duas meias-peças), essas observações também são válidas para o caso da etapa I (figuras geométricas compostas por peças inteiras). Elas são feitas pautadas pela teoria de Piaget.

De modo geral, o jogo funciona envolvendo dois possíveis e exclusivos ganhadores: o agente computacional ou grupo de dois ou três pré-adolescentes. A partir da peça inicial, o jogador da vez deveria tentar encaixar uma de suas peças considerando a cor ou o formato e o tamanho da peça a ser encaixada.

Tomando o texto “A Explicação em Sociologia” de Piaget, disponível em (PIAGET, 1973), pode-se dizer que se trata de um jogo que efetivamente viabiliza a cooperação na ação, visto que permite que seus jogadores alternem e sincronizem operações visando atingir um objetivo comum. Ele permite e requer a realização de operações concretas, individual e coletivamente. Esta afirmação está baseada neste mesmo texto de Piaget, onde ele cita que, na composição de um sistema de operações (cooperação) constituído por operações individuais e coletivas, estão as operações: 1) semelhantes que se correspondem por suas características comuns; 2) recíprocas ou simétricas; 3) complementares; 4) de medida.

Associadas a estas operações estão alguns exemplos no contexto do jogo, que são mostrados a seguir.

a) Operações semelhantes que se correspondem por suas características comuns

No jogo, é preciso comparar as figuras geométricas próprias, as dos parceiros e aquelas existentes nas “pontas”, que correspondem às possibilidades atuais de descarte. É preciso verificar se determinada peça ou meias-peça pode ser descartada naquele momento, se atende às regras do jogo (cor ou tamanho e formato) e qual parceiro possui uma meias-peça complementar.

b) Operações recíprocas ou simétricas

No jogo, é preciso arrastar a peça ou meias-peça para o local certo. No caso de meias-peça, ainda é preciso considerar a formação da peça completa identificando o lado correto (direito ou esquerdo) do descarte. É preciso conferir se a peça ou meias-peça que possui corresponde à outra já colocada. Pode-se aceitar ou não uma estratégia de ação. Pode-se responder a uma mensagem.

c) Operações complementares

¹¹⁸ Além disso, particularmente na etapa II, foi possível estar com cada grupo de pré-adolescentes pelo menos durante seis horas. E nessas horas, além das atividades de ambientação, jogo, entrevista, foi possível estar com eles durante a locomoção (Escola-UNIOESTE-Escola) e o lanche.

¹¹⁹ Operações no sentido piagetiano. Como mencionado, uma operação na teoria piagetiana é o conjunto de ações que, sendo do mesmo gênero, juntam-se podendo ser compostas entre si e revertidas, restituindo a situação anterior. Elas possuem três características básicas: são ações interiorizadas, reversíveis e se coordenam em estruturas operatórias que formam sistemas.

No jogo, podem-se trocar informações no *chat* ou transmitidas verbalmente. Podem-se elaborar estratégias para vencer o jogo e usar o *mouse* para teclar sobre as peças escolhidas e sobre os botões de ação (Limpar, Passar a Vez, Confirmar a Jogada).

d) Operações de medida

Considerar o tamanho, a cor e o formato das figuras geométricas do jogo.

É claro que a cooperação não se limita a estas quatro operações, citadas por Piaget. A cooperação, como já mencionado, é a sincronização e alternância de operações, quaisquer que sejam, que visem a um fim comum. No entanto, elas servem para explicar que as operações individuais agrupadas e as operações coletivas agrupadas, justamente pelas propriedades que possuem (operação direta, inversa, idêntica geral, idêntica especial - tautologia e reabsorção – associatividade) são interiorizáveis, reversíveis e se coordenam em estruturas operatórias que formam um todo coerente.

Por outro lado, essas operações são ótimos exemplos para argumentar que o indivíduo pode, para executá-las, empregar todos os oito grupamentos em conjunto. Isto é assim porque uma operação cognitiva é uma operação dinâmica que emprega os recursos cognitivos que o indivíduo possui, naquele momento sincrônico, e faz tantas operações intermediárias quantas forem necessárias até que seja obtida uma resposta satisfatória à sua necessidade momentânea. E não importa se essas operações intermediárias decorrem de um ou de outro grupamento: o todo cognitivo funciona de maneira integrada.

Ainda com relação às propriedades (operação direta, inversa, idêntica geral, idêntica especial - tautologia e reabsorção – associatividade) dos grupamentos, é interessante notar que elas podem ser interpretadas a partir das ações que podem ser feitas no jogo. Como Piaget argumentava a respeito da lógica, afirmando que ela consiste de operações que procedem da ação, pode-se dizer que existe lógica nas ações do jogo, assim como existe esta mesma lógica nas operações sustentadas pela estrutura cognitiva dos indivíduos que o jogam. A Tabela 8.7 apresenta essa relação.

Analisando essas propriedades com mais atenção, pode-se dizer que algumas das principais operações realizadas pela estrutura cognitiva são viabilizadas por elas. Resumidamente, por suas características, a operação direta é responsável pela coordenação de operações; a operação inversa, pela elaboração e descarte de possibilidades; a idêntica geral pelas noções de igualdade, zero e equivalência; a operação idêntica especial (tautologia e reabsorção) é responsável pela conservação do todo; e a associatividade viabiliza que diferentes composições de operações conduzam a resultados satisfatórios.

Tabela 8.7 - Propriedades dos grupamentos e exemplos no jogo

	Grupamentos das Classes	Grupamento das Relações	Funcionalidade no Jogo
Operação direta Exemplo	- Duas classes podem ser reunidas em uma classe maior que as contenha. - Reunir todas as figuras grandes em uma única classe.	- Consiste em acrescentar diferenças aos elementos. - Notar a diferença de tamanho entre as figuras pequenas e grandes.	Botão “Estratégia” Permite compor as meias-peças.
Operação inversa	- Consiste em retirar elementos de classes: anula a operação direta.	- Consiste em retirar as diferenças entre elementos: anula a operação direta.	Botão “Limpar”: Desfaz a jogada.

Exemplo	- Retirar da classe de todas as figuras grandes, o pentágono azul grande.	- Retirar a diferença de tamanho entre os triângulos pequeno e grande.	
Operação idêntica geral Exemplo	- Consiste em não considerar nenhum termo (sinônimo de zero). - A partir de uma classe nula, concluir que nenhuma peça pode ser descartada.	- Consiste na diferença nula (sinônimo de equivalência). - Na jogada formato/tamanho, todos os círculos pequenos são equivalentes.	Botão “Passar a Vez”: não jogar.
Operação idêntica especial tautologia e reabsorção Exemplo	- Operando um elemento com ele mesmo, resulta no mesmo elemento (tautologia). - Sendo classes encaixadas, o todo absorve as classes que o contém (reabsorção). - É indiferente jogar qualquer uma de duas peças iguais. - A classe das figuras azuis engloba todas as figuras geométricas azuis.	- Operando com uma relação de diferença com ela mesma, resulta na mesma relação (tautologia). - Sendo relações ordenadas, o todo absorve as relações de diferença que o compõem (reabsorção). - A diferença entre os triângulos pequenos e os grandes é a mesma. - O triângulo grande contém a diferença entre ele e o triângulo pequeno.	Tautologia: jogar por formato e tamanho. Reabsorção: jogar por cor.
Operação associativa Exemplo	- Um resultado de classificação obtido por duas vias diferentes continua o mesmo nos dois casos. - Reunir todos os triângulos e a partir deles obter os pequenos é o mesmo que reunir todas as figuras pequenas e a partir delas obter os triângulos.	- Um resultado de uma relação obtido por duas vias diferentes continua o mesmo nos dois casos. - Concluir, a partir de um triângulo azul grande e um triângulo azul pequeno, que o primeiro é maior que o segundo, é o mesmo que concluir que o segundo é menor que o primeiro.	Diferentes jogadas podem ser feitas em decorrência das peças existentes.

O jogo também permite interações do tipo sujeito/objeto e sujeito/sujeito. Em consonância com o capítulo três deste trabalho, pode-se dizer que nas primeiras estruturas, as operações provêm da estrutura individual, e, nas segundas, as operações provêm da estrutura social. Com a utilização de ambas as estruturas, fica evidenciada a cooperação na ação.

Com estas observações pode-se dizer que a construção do jogo das figuras geométricas, tanto a etapa I quanto a II, atingiu o objetivo que era o de viabilizar observações sobre a cooperação na ação e, em particular, aspectos cognitivos dela.

Feitos estes comentários sobre o jogo em si, a seguir o exemplo da escolha de uma peça a ser descartada, mostrada pela Figura 8.31 da etapa II, é detalhado e ampliado, considerando um momento sincrônico. Além deste exemplo, outras situações passíveis de ocorrerem durante uma partida também são utilizadas. O objetivo é evidenciar a necessidade que um indivíduo que está no período operatório concreto tem de empregar os oito grupamentos para jogar.

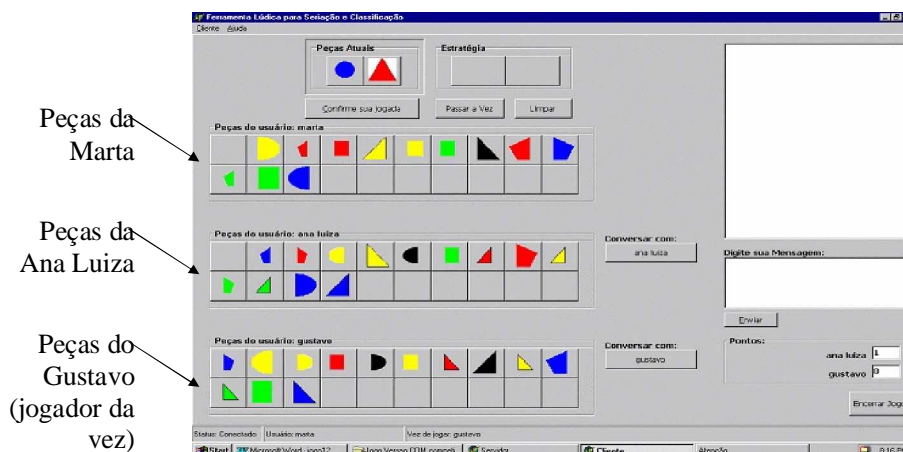


Figura 8.31 - Ilustração de um exemplo de jogada

Gustavo, o jogador da vez, precisa descartar uma meias-peça que se encaixe em um dos lados das peças atuais, que são, no exemplo ilustrado pela Figura 8.31, um círculo azul pequeno, e um triângulo vermelho grande. Obedecendo as regras do jogo (cor ou formato e tamanho), ele tem as seguintes possibilidades, ilustradas pela Figura 8.32:

- 1) Se sua opção for jogar por cor e escolher o lado esquerdo das peças atuais, ele pode descartar a meias-peça para compor o pentágono azul pequeno, o pentágono azul grande, ou o triângulo azul grande.
- 2) Se sua opção for jogar por cor e escolher o lado direito das peças atuais, ele pode descartar a meias-peça para compor o quadrado vermelho pequeno ou o triângulo vermelho pequeno.
- 3) Se sua opção for jogar por formato e tamanho, e escolher o lado esquerdo das peças atuais, ele pode descartar a meias-peça para compor o círculo pequeno amarelo, ou círculo pequeno preto.
- 4) Se sua opção for jogar por formato e tamanho, e escolher o lado direito das peças atuais, ele pode descartar uma meias-peça para compor o triângulo preto grande, ou o triângulo azul grande.



Figura 8.32 - Jogada por cor ou jogada por formato e tamanho

Para identificar essas quatro possibilidades, ele precisa necessariamente efetuar as operações básicas que sintetizam o mecanismo operatório dos grupamentos: as classificações e as relações. No entanto, o conjunto total de operações cognitivas necessárias para efetuar essas operações (por exemplo, como ilustradas pela Figura 8.32) não pode ser definido com exatidão, visto que são diversas as composições possíveis que viabilizam que um indivíduo chegue a uma solução satisfatória. Esta é justamente uma das características das propriedades fundamentais da estrutura cognitiva: a versatilidade de permitir que o indivíduo chegue a uma solução por diversos caminhos.

Independentemente da seqüência de operações realizadas por Gustavo no momento da decisão de sua jogada, ele emprega sua estrutura cognitiva e, em particular, os grupamentos lógico-matemáticos. As Tabelas 8.8 e 8.9 exemplificam situações inspiradas na Figura 8.31 ou no funcionamento do jogo, que requerem o emprego desses grupamentos.

Tabela 8.8 - Grupamento de classes: propriedades e exemplos inspirados no jogo

Grupamento e Característica	Propriedades Fundamentais	Exemplos Considerando o Jogo e as Propriedades Fundamentais
Aditivo de Classes: grupamento dos encaixes simples ou inclusões.	Direta	Inclusão da classe dos <i>círculos pequenos</i> na classe dos <i>círculos</i> .
	Inversa	Retirada da classe dos <i>círculos pequenos</i> da classe dos <i>círculos</i> .
	Idêntica Geral	Classe vazia.
	Tautologia	Dois círculos do mesmo tamanho podem ser jogados em uma mesma situação.
	Reabsorção	Incluir um círculo pequeno na classe <i>dos círculos</i> .
	Associativa	O resultado é o mesmo em considerando jogar por cor ou formato e tamanho da direita para a esquerda e vice-versa das <i>peças atuais</i> .
Vicariâncias: grupamento da decomposição das classes encaixadas.	Direta	Inclusão da classe dos <i>círculos azuis</i> na classe das <i>figuras azuis</i> .
	Inversa	Retirada da classe dos <i>círculos azuis</i> da classe das <i>figuras azuis</i> .
	Idêntica Geral	Dentre a classe das <i>figuras azuis</i> , não ter nenhum <i>triângulo azul</i> .
	Tautologia	Dentre a classe das <i>figuras azuis</i> , ter dois <i>triângulos azuis</i> .
	Reabsorção	Incluir um triângulo azul pequeno na classe dos <i>triângulos azuis</i> que está encaixada na classe das <i>figuras azuis</i> .
	Associativa	Optando por jogar por cor, o resultado é o mesmo considerando um triângulo azul pequeno e um triângulo azul grande, ambos inseridos na classe <i>dos triângulos</i> , e das <i>figuras azuis</i> .
Multiplicação Co-unívoca: grupamento da interseção de classes encaixadas.	Direta	Inclusão da classe dos <i>círculos amarelos pequenos</i> na classe <i>dos círculos</i> .
	Inversa	Retirada da classe dos <i>círculos amarelos pequenos</i> da classe das <i>figuras amarelas</i> .
	Idêntica Geral	Dentre a classe das <i>figuras amarelas</i> , não ter nenhum círculo amarelo pequeno.
	Tautologia	Dentre a classe das <i>figuras amarelas</i> , ter dois círculos pequenos amarelos.
	Reabsorção	Incluir um círculo amarelo pequeno na classe dos <i>círculos amarelos</i> que está encaixada na classe das <i>figuras amarelas</i> .
	Associativa	Optando por jogar por cor, o resultado é o mesmo considerando um círculo amarelo pequeno ou buscar na classe das figuras pequenas, e dentre elas procurar pelas amarelas, e dentre elas procurar pelo círculo.
Multiplicação Biunívoca: grupamento das classificações múltiplas ou comparativas.	Direta	Elaborar uma tabela de três dimensões (tipo de figura, cor e tamanho) e nela inserir as figuras do baralho.
	Inversa	Retirada de figuras a partir de suas posições na tabela de três dimensões (tipo de figura, cor e tamanho).
	Idêntica Geral	A partir da tabela de três dimensões (tipo de figura, cor e tamanho), não encontrar um triângulo verde grande.
	Tautologia	A partir da tabela de três dimensões (tipo de figura, cor e tamanho), encontrar dois triângulos verdes grandes.
	Reabsorção	A partir da tabela de três dimensões (tipo de figura, cor e tamanho), notar que a coluna do tipo de figura absorve todos os tipos de figuras do baralho.

	Associativa	O resultado de identificação de um elemento é o mesmo quando feito a partir da tabela de três dimensões (tipo de figura, cor e tamanho), pegando-o pela 1ª, 2ª ou 3ª dimensões.
--	-------------	---

Analisando os grupamentos de classes, pode-se dizer, resumidamente, que o aditivo de classes lida com noções de complementaridade; o das vicariâncias lida com reciprocidade; o multiplicação co-unívoca lida com herança de características de classes encaixadas; e o multiplicação biunívoca, com tabelas.

Tabela 8.9 - Grupamento de relações: propriedades e exemplos inspirados no jogo

Grupamento e Característica	Propriedades Fundamentais	Exemplos Considerando o Jogo e as Propriedades Fundamentais
Adição das relações assimétricas transitivas: grupamento das seriações.	Direta	Comparar uma figura pequena com uma grande e identificar a diferença.
	Inversa	Retirar a diferença existente entre uma figura grande e uma pequena, de uma figura grande para obter uma figura pequena.
	Idêntica Geral	Comparar um triângulo pequeno verde com ele mesmo.
	Tautologia	Verificar que na classe dos <i>triângulos pequenos</i> não há diferença de tamanho entre eles.
	Reabsorção	Verificar que somar a diferença entre o tamanho de uma figura grande e uma pequena a uma pequena se obtém uma grande.
	Associativa	Verificar que a relação é a mesma em comparando uma figura grande e uma pequena da direita para a esquerda e vice-versa.
Adições de relações simétricas: grupamento das operações de relações entre elementos equivalentes.	Direta	Verificar que um triângulo, um quadrado e um pentágono <i>não possuem a mesma quantidade de lados</i> e, se adicionar um lado ao triângulo, obtém-se o quadrado, e, se adicionar outro lado ao quadrado, obtém-se o pentágono.
	Inversa	Verificar que, se retirar um lado do pentágono, obtém-se um quadrado, e, se retirar um lado do quadrado, obtém-se um triângulo.
	Idêntica Geral	Adicionar um lado ao triângulo e, em seguida retirá-lo, tem-se o mesmo triângulo.
	Tautologia	Adicionar a tonalidade vermelha das figuras vermelhas às figuras vermelhas, se obtém a mesma tonalidade vermelha.
	Reabsorção	A relação <i>figuras vermelhas</i> engloba todas as figuras vermelhas.
	Associativa	Identificar que, se um quadrado é da mesma cor que um triângulo, e o triângulo não é da mesma cor que o círculo, conclui-se que o quadrado e o círculo não são da mesma cor.
Multiplicação Co-unívoca: grupamento das operações que multiplicam relações simétricas e assimétricas.	Direta	Identificar que, existindo a classe das <i>figuras grandes</i> e a classe das <i>figuras pequenas</i> , se o triângulo é maior do que o círculo, e o quadrado é menor do que o triângulo, círculo e quadrado pertencem à classe das <i>figuras pequenas</i> .
	Inversa	Se o triângulo é maior que o quadrado, e o círculo é menor que o triângulo, o triângulo pertence à classe das <i>figuras grandes</i> .
	Idêntica Geral	Abstrair a existência da relação de igualdade de tamanho entre as figuras da classe das <i>figuras grandes</i> .
	Tautologia	Multiplicar a relação <i>ser maior</i> por ela mesma obtém-se a mesma relação.
	Reabsorção	A classe das figuras grandes engloba as multiplicações entre figuras grandes: elas continuam sendo grandes.

	Associativa	Identificar que, em uma jogada considerando formato e tamanho de um círculo pequeno, a ordem da procura pela peça a ser encaixada é indiferente: tamanho/formato ou formato/tamanho.
Multiplicação Biunívoca: grupamento das operações com as tabelas de duas ou mais entradas aplicadas às relações simétricas e assimétricas.	Direta	Elaborar uma tabela de duas dimensões (número de lados e tamanho) e nela inserir as figuras do baralho.
	Inversa	Analisar a relação ordenada <i>número de lados</i> (linhas) deixando fixa a relação <i>tamanho</i> (coluna) na tabela de duas dimensões.
	Idêntica Geral	Identificar que a tabela de duas dimensões (número de lados e tamanho) não possui relação com as cores.
	Tautologia	Identificar que, na tabela de duas dimensões (número de lados e tamanho) organizada do < para o >, descer na coluna ou avançar na linha, a relação continua a mesma: em ordem crescente.
	Reabsorção	A partir da tabela de duas dimensões (número de lados e tamanho), notar que a coluna <i>tamanho</i> absorve os dois tipos de tamanhos existentes no baralho, e que estão em ordem crescente.
	Associativa	A identificação de um elemento é a mesma quando feita a partir da tabela de duas dimensões (número de lados e tamanho), pegando-o pela linha/coluna ou coluna/linha.

Analisando os grupamentos de relações, pode-se dizer, resumidamente, que o aditivo das relações assimétricas transitivas lida com diferenças ordenadas; que o aditivo de relações simétricas lida com noções de equivalência; que o multiplicação co-unívoca lida com relações compostas; que o multiplicação biunívoca lida com tabelas de relações ordenadas.

Tanto as operações de classes quanto as de relações podem ser grupadas e preservam as mesmas propriedades (composição, reversibilidade, idêntica geral, idêntica especial e associatividade). É preciso reiterar que as citações constantes das tabelas consistem de exemplos, e importa realmente é a capacidade generalizadora da estrutura cognitiva responsável por aquela operação.

8.2.4.2 Quanto à cooperação: o ponto de vista coletivo

Foi possível analisar os participantes cooperando na ação, tanto na etapa I quanto na etapa II, a partir das ações que realizaram em conjunto, quando jogavam o jogo das figuras geométricas. Como cada jogador tinha sua vez de jogar, era preciso que as operações individuais fossem coordenadas para que uma partida fosse conduzida.

No exemplo mostrado pela Figura 8.31, se eventualmente Gustavo (o jogador da vez) optasse por jogar o pentágono azul grande, o que corresponderia a uma jogada por cor no lado esquerdo das peças atuais, Marta seria sua companheira de jogada. Se optasse por jogar o triângulo azul grande, o que corresponderia a uma jogada por formato e tamanho no lado direito das peças atuais, Ana Luiza seria sua companheira. Porém, até chegar o momento da decisão sobre qual peça descartar, como mostrado na seção anterior, Gustavo teria que realizar diversas operações de classes e de relações. Significa que ele construiria um conjunto de operações individuais que apresentam as características dos grupamentos lógico-matemáticos.

Supondo que tenha decidido jogar o triângulo azul grande, para participar de sua jogada, Marta necessariamente deveria efetuar operações de classes e relações, com essas mesmas características. É assim que uma rodada do jogo implica necessariamente uma alternância e sincronização de operações individuais. Mas o todo, que de um ponto de vista corresponde a uma rodada do jogo, é constituído pelo agrupamento dessas operações que são individuais, acrescidas daquelas que são coletivas e apresenta as características de totalidade,

transformações e auto-regulação. Este processo nada mais é do que coordenar todas as operações em um só sistema, cujo mecanismo operatório é aquele dos grupamentos lógico-matemáticos.

Pode-se mostrar, assim, que as atividades, tanto de Gustavo quanto de Marta, incluem ações sobre os objetos (interações *sujeito/objeto*) e sobre eles próprios (interações *sujeito/sujeito*) produzindo um sistema de conjunto no qual os aspectos lógico e social são inseparáveis. Neste sentido, questões relativas ao aspecto lógico foram abordadas no tópico anterior, e aquelas relativas ao social são apresentadas no próximo.

Isto posto, importa destacar ainda alguns outros aspectos sobre a cooperação, a começar pelo fato de que a maioria dos pré-adolescentes, na entrevista, disse que não criou estratégias conjuntas para ganhar do agente computacional, tanto na etapa I quanto na etapa II (inclusive este foi um dos motivos detectados na etapa I que levaram à concepção de uma nova versão do jogo utilizado na etapa II).

Na etapa II do estudo de caso, os pré-adolescentes foram questionados sobre se julgavam se aumentariam as chances de vitória caso combinassem todas as jogadas. Eles afirmaram que sim, mas admitiram que preferiam fazer outra atividade a combinar jogadas. Ou seja, sabedores das vantagens e tendo condições de cooperar combinando estratégias de jogadas, preferiram realizar outras atividades. A questão colocada é: Qual o motivo desta atitude?

Não se trata de egocentrismo intelectual, visto que está provado, inclusive pelas atividades da *Ambientação* propostas nas duas etapas do estudo de caso, que os pré-adolescentes já atingiram o período operatório-concreto avançado. E, como mostrado no tópico anterior, eles têm condições de classificar e relacionar, operações suportadas pelos grupamentos lógico-matemáticos. Isto implica necessariamente distinção dos pontos de vista dos parceiros, além do próprio, a certeza da igualdade e reciprocidade (o que garante o mesmo peso/valor para cada opinião) e a coordenação das operações mentais que levem a uma solução satisfatória. Ora, os pré-adolescentes apresentaram essas características. Então o motivo da atitude de não-elaboração conjunta de estratégias, ao que parece, se trata de *egocentrismo de valores* (tema retomado no próximo tópico, que trata dos valores) e de condições cognitivas adequadas para realizar a cooperação no pensamento.

O *egocentrismo de valores* decorre de uma perspectiva centrada na escala de valores individual. Situações partilhadas por dois ou mais indivíduos podem conduzir a estados em que este conjunto de indivíduos acaba por compartilhar também os mesmos valores. Uma das conseqüências é que este conjunto de indivíduos pode assumir para si a responsabilidade de, por exemplo, resolver determinado problema. Esta situação gera valores que são coletivos, e são eles que serão utilizados tanto do ponto de vista de motivação quanto de parâmetro de avaliação de atividades.

O egocentrismo de valores é perceptível nas atitudes dos participantes durante o jogo. Era de se esperar que os membros de um grupo estariam todos motivados para um único fim: ganhar do agente computacional. No entanto, pela conduta apresentada, eles estavam mais interessados em se divertir do que em colaborar com o projeto de pesquisa, que lhes era de conhecimento, visto que receberam todas as explicações antes de serem desenvolvidas quaisquer atividades.

Mas as atividades propostas para os participantes do projeto foram impostas, e não decididas democraticamente. Portanto, estava em jogo o interesse da autora e de seus colaboradores, e não o interesse dos participantes. Reafirma-se, com isso, que a imposição das regras das atividades, muitas vezes pensadas com antecedência, inclusive apresentando

características lúdicas e motivadoras (como se acredita, foi o caso das propostas nas duas etapas do estudo de caso), não garante como resultado o sucesso dessas atividades. Como disse Piaget “[...] *uma verdadeira atividade supõe o interesse*” (PIAGET, 1994, p. 49).

O sucesso parece garantido apenas nos casos em que as atividades (regras) são assumidas como de valor primordial naquele momento sincrônico. Em outras palavras, os participantes necessariamente devem regular seus valores, sintonizando-os com a atividade proposta. Esta seria uma atitude bastante madura e que poderia ser esperada daqueles indivíduos que já tivessem consciência do dinamismo da própria vida: ajustar os valores de acordo com as situações. Ou seja, em uma situação de trabalho, por exemplo, o trabalho deve ter prioridade em termos de valores, em relação a outras atividades possíveis.

O outro aspecto presente na opção pela não-elaboração de estratégias para as jogadas diz respeito às condições para realizar a cooperação no pensamento. Está visto que alguns dos pré-requisitos definidos por Piaget para a cooperação no pensamento são válidos para a cooperação na ação. Em especial que os participantes estejam de posse de uma “[...] *escala comum de valores intelectuais*” (PIAGET, 1973, p. 108) o que inclui uma linguagem, um sistema de noções definidas e algumas proposições fundamentais. Ora, eles mostraram que eram capazes de lidar com a linguagem de maneira fluente, dominavam os mecanismos básicos do computador (teclado, mouse e monitor) e aprenderam facilmente a jogar.

Os pré-adolescentes atenderam a estes requisitos e, quando motivados, foram capazes de realizar facilmente a cooperação na ação. Porém, o mesmo não ocorre quanto à cooperação no pensamento. Isto assim é porque suas estruturas cognitivas ainda não atingiram o período operatório-formal amadurecido, etapa em que a cooperação no pensamento é característica. Como estão no período operatório-concreto (mesmo no final dele), queriam usar o computador por um interesse mais geral; queriam manipular as peças e observar os resultados imediatos; queriam conversar via *chat* com os companheiros explorando a novidade; concordaram em participar do projeto por ser uma atividade diferente daquela corriqueira do dia-a-dia na escola. Mas, em síntese: queriam apenas se divertir.

No contexto piagetiano, uma operação concreta é uma operação aplicada a uma realidade bem definida, realizada sobre objetos tangíveis, e sua origem é sempre motora, perceptiva ou intuitiva (PIAGET, 1980). E as operações que os pré-adolescentes preferiam realizar eram exatamente essas.

Além disso, o intercâmbio de pensamentos coerentes, a necessidade de justificar logicamente seu ponto de vista, a necessidade de se expressar adequadamente, de coordenar um conjunto de opiniões e sintetizá-las (reflexão) como a vontade do grupo, em forma de uma estratégia de jogada, demandava tempo e empenho de cada indivíduo. E isso contribuiu para a não-criação conjunta de estratégias de ação, visto que não estavam dispostos a empenharem-se neste sentido.

8.2.4.3 Quanto aos valores

Como já discutido no capítulo três, Piaget defende uma abordagem racional aos valores. Pare ele, a estrutura que dá sustentação a eles, o grupamento de mesmo nome, é isomorfa à dos grupamentos lógico matemáticos. Em termos de estrutura, isto significa que a maneira como os elementos constitutivos de ambos esses grupamentos se comportam é semelhante; mudam apenas os elementos que os constituem.

Em termos de conduta humana, isto significa que um indivíduo pode lidar com sua afetividade, de maneira lógica, racional. É preciso destacar que, independentemente do

grupos empregado na ação, a vontade é seu elemento propulsor, e cada ação sempre apresenta elementos de ordem lógica e de ordem afetiva, em maior ou menor grau.

Um indivíduo que tenha desenvolvido e lide com sua afetividade de maneira racional, ele o faz realizando operações de classificação e relação de modo semelhante ao que realiza quando precisa resolver um problema lógico-matemático. As operações manipulam valores enquanto noções qualitativas e, desta forma, eles podem ser comparados, aumentados, diminuídos, ordenados, relacionados, enfim, operados e compostos entre si.

Um exemplo é o caso em que um dos integrantes de um dos grupos de pré-adolescentes, na sua vez de jogar, em um momento de decisão final do jogo, optou por uma peça que não era a melhor para ser jogada naquela situação. Esta ação, além de lógico-matemática, está carregada de sentimentos que podem causar diversas situações dentro do grupo. Situações que vão desde uma risada geral, até uma séria discussão, dependendo do momento sincrônico vivido por ele.

É assim que sentimentos decorrentes da interação do indivíduo no ambiente, o que inclui relações entre indivíduos e relações entre indivíduos e objetos, são operatórios. É da interação que derivam seus valores pessoais, sendo que algumas delas (as que mais interessam), o modificam de maneira durável justamente porque modificam seus valores. Isto ocorre porque os valores se arranjam em uma escala, cuja constituição e durabilidade são variáveis e dinâmicas, e é ela que o motiva a agir, visto que alimenta seus interesses, durante aquele período em que perdurar.

Tendo vivenciado uma situação significativa afetivamente, o indivíduo pode adaptar e organizar esses significados à sua escala de valores, que, por sua vez, o habilita a lidar com novos significados afetivos, sob esta nova perspectiva. Além disso, o indivíduo pode simplesmente incluir, excluir, juntar, relacionar de maneira diferente, enfim, modificar o arranjo desses e de novos valores. É na interação, portanto, que o indivíduo valoriza ou não certas situações, possibilitando a manutenção (no sentido de atualização) da sua escala de valores.

De modo geral, o termo “escala de valores” é utilizado para sintetizar uma noção constituída por um conjunto móvel de valores que se coordenam para serem utilizados, hierarquicamente, como parâmetros para a ação. Mas este termo tem duplo significado: por um lado, é o mecanismo gerador de interesses do indivíduo tanto para uma situação momentânea quanto no sentido em que norteia sua vida e, por outro lado, é um conjunto de valores que são utilizados para avaliar situações vivenciadas.

Enquanto mecanismo gerador de interesses do indivíduo para aquela situação momentânea ou mais duradoura, pode-se dizer que a dinâmica da escala de valores é comparável a dos esquemas de ação. Um certo conjunto de valores é mais adequado para ser empregado em determinadas situações.

No caso do exemplo da cartada final, citado anteriormente, considerando que naquele momento sincrônico o grupo estava na expectativa da vitória mediante aquela jogada do jogador da vez, melhor seria que ele assim o fizesse, trazendo o desfecho positivo para o grupo. Para aquela situação, seria natural esperar que os valores mais intensos do jogador da vez seriam tais que o fizessem agir de acordo com o esperado pelo grupo: jogasse a peça que lhes desse a vitória (o que caracterizaria a superação do egocentrismo de valores, visto que os valores mais considerados seriam aqueles de interesse coletivo). Ao assim proceder, este ato desencadearia emoções que seriam vividas pelo grupo, carregadas de caracteres como alegria, reconhecimento, amizade, companheirismo e ânimo revigorado para nova partida.

Tal como os esquemas de ação, portanto, o sujeito constrói, ao longo de sua existência, com ou sem coação, um conjunto de valores que o motiva a comportar-se de determinada maneira, muitas vezes previsível e esperada, em certas ocasiões. É o caso de situações típicas de pequenos grupos como a conduta em uma sala de aula, em uma festa, em um velório, para com uma autoridade, etc. Mesmo insatisfeito com a situação vivida, o indivíduo age conforme aqueles valores, e o faz consciente disso, e levando em conta os sentimentos dos outros indivíduos que dela participam.

É neste sentido que se diz que há uma abordagem racional aos valores: a escala de valores empregada para aquela situação está organizada de modo que seu efeito é orientar o indivíduo a comportar-se racionalmente. Esta é a maneira como o sujeito epistêmico lida com os valores que o motivam a agir.

É preciso reconhecer, no entanto, que as relações humanas são variadas e complexas, e são diversos os fatores que podem desequilibrar a escala de valores. Além disso, é sabido, pelo senso comum, que existem indivíduos que lidam com alguns valores de maneira racional (lógico-operatória) e com outros de maneira não racional. Este tipo de conduta não depende do nível intelectual ou social. Os motivos que levam a estas situações fogem ao escopo do presente trabalho, e não são aqui tratados.

A escala de valores é empregada também como um conjunto de parâmetros que são utilizados para avaliar e comparar as situações e relações vivenciadas pelo indivíduo como trabalhos, serviços, condutas, opiniões, próprias ou de outros.

É o caso, por exemplo, das relações afetivas homem/mulher. Cada indivíduo, ao longo da relação, vai expondo seus valores para que o outro os conheça. Também, ao longo da relação, esses valores vão ou não sendo ajustados de modo a se assemelharem ou se compatibilizarem cada vez mais, ou é ampliada a capacidade de cada um em ajustar suas escalas individuais de maneira a fazer com que haja harmonia e compreensão, mesmo nas diferenças. O contrário também é válido. Se não houver compatibilidade de valores, as relações pessoais vão sendo minimizadas ao limite da tolerância, e chegam até a serem inviabilizadas.

Outro exemplo é o caso de um indivíduo que constrói uma escultura; ele a contempla e, consciente ou inconscientemente, valoriza-a, positiva ou negativamente. O critério utilizado por ele para definir se aquele trabalho é bom ou não é subjetivo, e foi construído ao longo de sua vida de contato com a arte.

Este mecanismo operatório de comparação e avaliação é, portanto, estendido para todas as situações e relações vividas. Só à medida que a escala de valores do indivíduo se modifica é que as comparações e avaliações também se modificam. É por este motivo que se diz que o mecanismo dos valores é lógico-operatório. Mas, mesmo assim, pode haver desequilíbrios em termos de avaliações.

Independentemente dos possíveis desequilíbrios de ambas as perspectivas da utilização da escala de valores (como mecanismo gerador de interesses para indivíduo e como mecanismo para avaliar as situações vividas), o indivíduo afetivamente racional ajusta seus valores para lidar racionalmente com as diversas situações que enfrenta, tanto com relação a suas idéias (inclusive as polêmicas) quanto ao seu modo de agir (inclusive contundente).

Entretanto, retomando as análises a partir de exemplos do estudo de caso, é preciso dizer que dois grupos (na etapa II) não conseguiram cooperar para jogar. Suas escalas de valores eram tão diferentes que, mesmo sendo capazes de ajustá-las, e provavelmente eles tentaram, isto não foi suficiente para permitir que cooperassem.

No caso desses grupos perseverou o *egocentrismo de valores*. Como já citado no tópico anterior, os indivíduos não foram capazes, naquela situação, de levar em conta os valores subjacentes às atividades conjuntas requeridas pelo jogo, além de seus valores individuais. E, sem descentração, a coordenação, tanto das operações afetivas quanto lógicas, torna-se inviável, o que efetivamente inviabiliza a cooperação. É por este motivo que se conclui que o egocentrismo de valores impediu que pelo menos um dos membros em cada um desses dois grupos valorizasse o que o grupo estava valorizando. Este assunto é retomado no final desta seção.

Dentre o conjunto dos valores em questão durante uma partida do jogo, estavam aqueles capazes de fazer com que o indivíduo assumisse o objetivo do grupo como seu objetivo individual. E, ao fazê-lo, ele vivenciava uma situação particular em que o sociocentrismo de valores prevaleceria¹²⁰, o que facilita em muito a cooperação. Isso faz com que os componentes estejam de posse de uma escala de valores comum ao grupo. É neste sentido que se pode dizer que existem valores individuais e valores coletivos.

Os valores coletivos são aqueles comuns a um determinado grupo social e exercem influência sobre os valores individuais. Esta influência varia de algo bem sutil até os níveis mais fortes de coação. No entanto, tendo superado o período operatório-concreto, etapa em que os valores individuais vão sendo constituídos e organizados hierarquicamente, o indivíduo passa a ter um pensamento progressivamente mais lógico, o que o impulsiona a analisar racionalmente as influências que sofre do meio social em que vive. Isto lhe dá autonomia para aceitar aquelas influências que, avaliadas a partir de sua escala de valores, lhe são proveitosas, e rejeitar aquelas que não são.

É preciso que se reconheça que nem todas as coações sociais não são benéficas. O que dizer de uma mãe que usa seu poder como tal para exigir que seu filho vá a escola? Ou da professora que solicita colaboração em um momento de discussão de um tema? Ou de um jardineiro que impede que um indivíduo quebre uma planta? Os valores individuais são constituídos também a partir de situações em que a coação está presente. Quanto mais afetivamente amadurecido e lógico mais o indivíduo é capaz de conviver no seu meio social de maneira produtiva e autônoma.

A recíproca também é verdadeira: os valores individuais também influenciam os valores coletivos em níveis diversos. É o caso de um menino que convida outros para jogar bola. O interesse de um indivíduo é capaz de influenciar o interesse de outros, criando condições para que aquele valor individual se torne coletivo. Em sendo assim, os meninos que aceitam jogar bola assumem para si aquele valor inicialmente individual e agora coletivo. Mas é preciso dizer que eles assim procedem porque o ato de jogar bola, muito provavelmente relacionado à simples busca pelo prazer, está entre os valores individuais de cada um, tanto do menino que convida quanto dos que aceitam. Naquele momento sincrônico, o convite para jogar bola ativa o interesse de cada menino e eles compatibilizam suas escalas de valores, o que implica, inclusive, a aceitação e o respeito às regras do jogo. A atividade em si de jogar aciona determinadas condutas com seus componentes intelectuais e afetivos, o que significa dizer um conjunto de esquemas de ação e de valores apropriados para ela.

No caso do jogo das figuras geométricas, estavam presentes valores coletivos e individuais. Pode-se dizer que, entre os valores individuais mais comuns, estava a reciprocidade, a igualdade, o compromisso com as regras do jogo e a vontade de se divertir.

¹²⁰ Tanto o egocentrismo como o sociocentrismo são vistos como “[...] desvios ou distorções no processo que leva à produção de um conhecimento progressivamente objetivo, cada vez mais descentrado dos pontos de vista próprios, seja os do indivíduo seja os do grupo social.” (CASTORINA; FAIGENBAUM, 2002, p. 36).

Os valores coletivos evidentes eram aqueles decorrentes da necessidade de cumprir com o solicitado pela coordenação do projeto, participando das atividades¹²¹.

Ora, participar das atividades previstas de maneira esperada exigia que os pré-adolescentes compatibilizassem suas escalas de valores de acordo com os valores esperados de um conjunto de alunos em uma situação como aquela. Em assim procedendo, eles eram bem vistos pelo próprio grupo, bem como pela parte da coordenação do projeto. Portanto, jogar requeria o ajuste de valores dos participantes, tanto com relação aos proponentes das atividades previstas no estudo de caso, quanto com relação aos membros do grupo organizado para jogar.

Os pré-adolescentes foram capazes de compatibilizar suas escalas de valores individuais com os valores subjacentes às atividades propostas, mesmo em se tratando de relações assimétricas e estando presente algum nível de coação. Isto ocorreu porque as atividades foram definidas sem a participação dos pré-adolescentes e havia a expectativa de que eles a cumprissem tal como fora previsto. Apesar disso, a grande maioria percebeu que também poderia se divertir participando delas.

O que reforça esta observação foi o fato de que nenhum dos participantes se recusou a executar as atividades, e eles as realizaram demonstrando certa satisfação em assim proceder: brincaram com algumas questões da ambientação, riram de erros e acertos, torceram ao jogar, xingaram o computador e a si próprios, posaram para fotos e filmagens, etc. Mesmo os mais tímidos se mostraram participativos.

Em alguns momentos alguns pré-adolescentes sugeriram, por exemplo, a disponibilização de mais tempo para jogar novamente, a possibilidade de trocar de grupo, a troca de máquina, autorização para entrar na internet e outros. Quanto a estas questões, a decisão era unilateral. E, apesar de estar claro o respeito mútuo, da parte dos pré-adolescentes, era um respeito muito influenciado pela existência de autoridade. Sob estas condições, a cooperação na ação também se mostrou possível.

Em algumas situações foi solicitado a alguns pré-adolescentes que fizessem pequenas atividades, como ajudar a arrumar uma sala, ajudar a carregar pacotes com lanches, levar fitas de vídeo. O atendimento a estes pedidos, tanto individual quanto coletivamente, foi bastante pronto e solícito, indicando que estavam dispostos a participar. É importante destacar que nessas atividades estavam incluídas operações da parte da coordenação bem como daqueles que delas participaram. Em outras palavras: houve cooperação na ação. Sendo assim, concluiu-se que houve compatibilização de valores e cooperação nos casos das relações assimétricas (aluno / coordenação).

Quanto às relações internas ao grupo (aluno/aluno), para jogar, os pré-adolescentes precisaram compatibilizar suas escalas também com relação àqueles que compunham o mesmo grupo. Foi neste nível que algumas incompatibilidades foram observadas. Nas relações internas ao grupo estavam claramente presentes as relações de reciprocidade e igualdade. Tratava-se de relações simétricas e, como tais, faziam com que os participantes tivessem mais liberdade entre si para opinarem e defenderem suas posições.

A observação da cooperação na ação a partir das relações internas ao grupo foi mais interessante e complexa. A começar pelo fato de que, dentro do conjunto de alunos com os quais se trabalhou, podem-se observar grupos compostos exclusivamente por amigos, por

¹²¹ Note-se que o conteúdo dos valores não implica sua operatoriedade. E esta foi a ênfase dada neste trabalho: procurou-se enfatizar exclusivamente na dinâmica dos valores e não nos seus conteúdos.

indivíduos que eram apenas companheiros de série, e por indivíduos que eram antagônicos entre si. Foi possível notar diferenças com relação à atuação prática desses diferentes grupos. O texto a seguir fornece alguns exemplos e comentários a respeito.

A Figura 8.33 mostra uma parte do diálogo do grupo formado pela Débora, Caroline e Ana Cristina, que são amigas. As duas primeiras têm onze anos e a última acabou de completar doze. Elas usam o computador em atividades oferecidas na escola.

Resgatando alguns pontos da entrevista dada por elas, elas afirmaram que, sempre que podem, escolhem amigos para compor grupos de trabalhos e que o segredo para um grupo trabalhar bem é o respeito. Disseram que quando se trabalha entre amigos, passa-se a conhecer suas qualidades e defeitos e então basta haver respeito para tudo dar certo.

Do conjunto dos grupos que participaram do estudo de caso, pode-se dizer que ainda dois outros grupos foram constituídos exclusivamente por amigos, e que apresentaram características comuns quanto à conduta durante o jogo. Esses outros dois grupos eram constituídos de apenas dois indivíduos cada. Não foi percebido se, em algum momento, as relações entre eles deixaram de ser leves e tranqüilas.

Caroline:	{joga em silêncio e alguém completa a jogada com ela}
Débora:	{joga em silêncio e alguém completa a jogada com ela}
Ana:	{joga em silêncio e alguém completa a jogada com ela}
Caroline:	<i>Eu joga</i> {e alguém completa a jogada com ela}
Débora:	<i>Vou jogar amarelo</i> {e alguém completa a jogada com ela}
Ana:	{joga em silêncio e alguém completa a jogada com ela}
Débora:	<i>Carol, joga!!</i>
Caroline:	{joga em silêncio e alguém completa a jogada com ela}
	<i>Pára Frank!</i> {reclamando de um colega de outro grupo que se aproximou e mexeu no cabelo dela}
Débora:	{joga em silêncio e alguém completa a jogada com ela}
	<i>Agora é a Ana que joga</i> {Ana joga em silêncio}
	<i>É a Carol que fecha com ela!</i>
Caroline:	<i>Vou jogar pela cor</i>
Ana:	<i>Vai Débora!</i>
Débora:	<i>Eu! Carol, joga!!</i>

Figura 8.33 - Parte de um diálogo entre Débora, Caroline e Ana Cristina

Durante a execução do jogo, Débora, Caroline e Ana Cristina demonstravam saber como agir e o faziam sem dificuldades. Afirmaram que não precisaram se ajudar simplesmente porque não sentiram necessidade. Disseram que normalmente ajudam colegas e não colegas porque assim “*facilitam as coisas*”. Afirmaram que não combinaram as jogadas, mesmo sabendo que aumentariam as chances de vitória porque preferiam passar mensagens, que era mais divertido.

A cooperação ficou evidente pelas atitudes das jogadoras, visto que compunham as operações que realizavam sobre os objetos virtuais. Essas operações eram acompanhadas por elas em seus respectivos computadores, o que fazia com que tivessem a visão do todo. Agiam individualmente e demonstravam estar conscientes de seus papéis em cada jogada, tendo em vista a conclusão do jogo.

Talvez por este aspecto, aliado ao fato de que já havia conhecimento e amizade entre elas, as trocas ocorridas durante o jogo foram rápidas e requereram pouco diálogo. Quanto aos

valores, as trocas indicam que, senão equivalentes, houve fácil compatibilização deles. A igualdade, a reciprocidade, o respeito às regras do jogo eram perceptíveis. Pode-se dizer, portanto, que *este e outros dois grupos foi “cooperativo”*.

Um exemplo mais característico dos grupos participantes do estudo de caso é aquele formado por Gabriela, Emanuela e Amanda. As duas primeiras têm onze anos e são muito amigas; a última tem doze anos e não tem a mesma intimidade.

Durante a entrevista, as meninas afirmaram que preferem escolher amigos para constituir grupos de trabalho, e que grupos de meninas se ajudam mais porque são mais amigas. Acreditam que o que motiva um grupo a trabalhar é a amizade. Disseram que quando trabalham em grupo, procuram contribuir para *“sair algo melhor”*. Tomam decisões e decidem pelo método a ser empregado no trabalho de maneira democrática.

Parte de um diálogo entre elas é mostrado na Figura 8.35. Este diálogo ocorreu logo nas primeiras jogadas do grupo, quando ainda estavam se ambientando no jogo.

É um caso mais característico no estudo de caso, porque o grupo foi constituído por amigos e por conhecidos. Grupos assim formados apresentaram algumas condutas por vezes semelhantes, como, por exemplo: liberdade em tocar no outro, usar seu teclado e empregar um tom de voz imperativo e/ou com bastante ironia; típica tentativa de se divertir usando o *chat*; conversas paralelas; inquietação; situações de competição. Em particular, três condutas se destacaram, do ponto de vista da cooperação na ação.

A primeira diz respeito à presença de um “espírito” de equipe. Todos opinavam em relação à atividade a ser feita, mesmo quando se tratava da escolha da peça a ser jogada, normalmente decisão do jogador da vez.

A segunda refere-se ao fato de que, quando nenhum deles conseguia resolver um problema, um dos participantes pedia ajuda de alguém que tinha maior conhecimento a respeito (geralmente à coordenadora). Nas ocasiões em que resolviam algum problema ou concluía algo, também procuravam relatar. A Figura 8.34 mostra a fala de Frank, um dos participantes de um grupo de três integrantes. Ele tinha dúvidas a respeito do trabalho conjunto de sua equipe, até a conclusão de uma partida. No final ele percebe que poderia ter feito uma jogada diferente da realizada por ele, que faria com que o grupo vencesse. Ele afirma:

“Eu estava pensando assim ó professora: primeiro eu estava pensando que eu disputava contra ela {apontando para outra integrante do seu grupo} ... por isso que eu joguei aquela peça... se eu jogasse o amarelo ela iria ganhar”.

Figura 8.34 - Fala de um dos integrantes do grupo

A terceira refere-se ao fato de que, em todos esses grupos, era forte a presença de um certo individualismo, visto que os participantes agiam muito mais por si sós do que em nome do grupo. Pode-se dizer que este e outros grupos semelhantes se caracterizaram principalmente pela *tentativa de diversão e pelo individualismo*. Estas três situações são perceptíveis no diálogo mostrado na Figura 8.35.

No grupo de Emanuela, Gabriela e Amanda, assim como em outros grupos semelhantes (amigos e companheiros), a cooperação na ação ocorreu. As operações foram realizadas e se juntavam compondo o conjunto de operações necessárias para a conclusão de uma partida.

Algumas vezes o acordo entre as partes sobre as atitudes e condutas de membros do grupo demoravam um pouco a acontecer, mas aconteciam. Muito mais diálogo foi observado nesses casos.

Quanto aos valores, as trocas indicam que houve compatibilização deles a um nível que oscilava entre o mínimo suportável até o máximo de entendimento. No final do jogo, os integrantes mostravam-se satisfeitos e alegres, indicando que, senão em todo o processo, divertiram-se na maioria das situações. Naquele momento sincrônico, houve um “acordo” entre as partes para, em conjunto, executarem ações com vistas a um fim comum.

Emanuela:	<i>Vai, Gabriela!</i>
Gabriela:	<i>Eu não tenho, quem tem é a Amanda.</i>
Gabriela:	<i>Pára, tira a mão daí {em resposta à Emanuela que estava tentando usar seu teclado para “estragar” a mensagem que Gabriela estava escrevendo} Amanda, clica lá na figura, no círculo!</i>
Emanuela:	<i>Pára!! {respondendo a uma mensagem que Gabriela lhe enviou}</i>
Amanda:	<i>{Amanda joga e desfaz a jogada em seguida} Clica ali, Emanuela! {pedindo para Emanuela desfazer a jogada também}</i>
Gabriela:	<i>Mas é você que começou a jogada, é você que tem que clicar. {Emanuela joga}</i>
Amanda:	<i>Tá, mas aqui no meu não tem a peça que ela colocou ali... não tem porque deu errado.</i>
Gabriela:	<i>Então joga de novo... Péra aí que nós temos que limpar também, então!</i>
Emanuela:	<i>Deu! {Emanuela jogou novamente}</i>
Amanda:	<i>{Amanda joga novamente} Olha aqui, “a peça não pode ser encaixada”.</i>
Emanuela:	<i>É a bolinha, né, esperta!!</i>
Amanda:	<i>Olha aqui, eu aperto aqui e a peça não pode ser encaixada.</i>
Gabriela:	<i>Ah, Emanuela pára!! {respondendo a uma mensagem que a Emanuela lhe enviou}</i>
Gabriela:	<i>Professora!??? {Claudia, que estava afastada, se aproxima} Não tá encaixando a peça, a gente manda igualzinho lá e não dá!</i>
Claudia:	<i>Vamos ver... a não... você está clicando em uma peça grande querendo encaixar numa pequena {respondendo para Gabriela}.</i>
Gabriela:	<i>Não fui eu que joguei, foi ela {apontando para Emanuela}.</i>
Emanuela:	<i>Eu comecei mas ela que jogou {apontando para Amanda}.</i>
Amanda:	<i>Eu não, foi ela {apontando para Emanuela}.</i>

Figura 8.35 - Parte de um diálogo entre Emanuela, Gabriela e Amanda

Outro exemplo de diálogo ocorreu entre Bruno, Ezequiel e Danilo. O grupo foi formado porque as demais participantes, neste dia de atividades, todas meninas, se juntaram com maior rapidez e, portanto, não havia outra alternativa.

Bruno tem onze anos, senta sempre nas primeiras carteiras, tem computador e internet em casa (tem habilidade com o computador), se diz um dos melhores alunos da classe e se reconhece bonito fisicamente. Em vários momentos, saiu de seu computador e foi olhar o que o grupo das meninas estava fazendo.

Ezequiel tem quatorze anos, se mostra um pouco retraído, usou computador apenas algumas vezes na escola (não possui nenhuma habilidade com ele) e sempre senta nas últimas carteiras.

Danilo tem doze anos, tem computador e internet em casa (tem pouca habilidade com ele), se irrita muito quando lhe chamam de gordo (ele está muito acima do peso ideal), é extrovertido e, desde o início das atividades, pedia para acessar a internet. Esses três nunca fazem trabalhos juntos na escola. A Figura 8.36 ilustra uma parte de um dos diálogos travados por eles.

Ezequiel: *Computador, computador, computador jogando!*
Vai, Bruno! {Bruno joga}
Vai, vai vai!
Vai Danilo! {Danilo demora a jogar porque está escrevendo mensagem no chat}
Vai, Danilo! {pedindo que o Danilo complete a jogada do Bruno}
Vai, vai, Danilo!
É com o mouse Danilo! {fala irritado pela demora e pela brincadeira que Danilo está fazendo com o teclado. Danilo está rindo}
Por que não joga? {pergunta irritado ao Danilo}

Bruno: *Joga seu burro!*

Danilo: *Não joguei pra f... vocês!* {responde já sério e irritado}

Ezequiel: *Joga véio... Ah, meu pai do céu!*

Danilo: *Não me enche!*

Ezequiel: {Danilo joga, permitindo que Bruno conclua a jogada}
Iiii, errei {na sua vez de jogar}

Bruno: *Limpa... aperta lá no meio.*

Ezequiel: *Já apertei duas vezes... quadrado pequeno... que bicho demorado!*
 {Bruno levanta e se aproxima da máquina de Ezequiel}

Bruno: {Ezequiel demora a corrigir sua jogada}
Vai, palhaço! {irritado com a demora de Ezequiel}
Ah, professora, não dá pra jogar com esses piás! {Ezequiel joga}

Ezequiel: *Vai, Danilo!* {Danilo demora jogar porque está novamente no chat}
Não dá pra jogar com o Danilo! {diz para Claudia, que se aproximou}

Bruno: *É você, idiota, que joga!* {diz para Danilo}

Figura 8.36 - Parte de um diálogo entre Bruno, Danilo e Ezequiel

Pode-se dizer que se tratou de um agregado de participantes e não de uma equipe empenhada em atingir um objetivo comum. O jogo foi iniciado três vezes e, em todas elas, não foi concluído, provavelmente porque alguém teclou no botão *Encerrar Jogo*. Se mostraram conscientes do objetivo do grupo, mas não conseguiram atingi-lo, frustrando ainda mais a todos. Executavam as tarefas como fosse uma obrigação, visto que não demonstravam nenhum prazer ao realizá-las.

Provavelmente, por estes motivos, o grupo estava sempre inquieto: Danilo abriu um pacote de bolachas, ficava boa parte do tempo escrevendo mensagens (muitas vezes nada agradáveis) para seus companheiros. Bruno foi até o quadro branco diversas vezes para escrever ou desenhar alguma coisa, fazendo com que os colegas o chamassem para jogar. Foi várias vezes até o lugar onde as meninas estavam jogando. Ezequiel levantou da cadeira em diferentes ocasiões e foi até o computador do Danilo para opinar e mesmo para jogar por ele. Mudou várias vezes a posição de seu boné. Balançou-se na cadeira e olhou seguidamente para o grupo das meninas. Ora, esses são indícios de insatisfação.

E como explicar esta insatisfação quando três colegas de classe estão jogando através do computador? Eles estavam motivados pelo fato de que estavam realizando uma atividade diferente da corriqueira, estavam entre senão amigos, conhecidos, e estavam jogando um jogo, segundo eles, “ *muito legal*”. A resposta parece estar na escala de valores, novamente, no egocentrismo de valores. Para aquela situação, eles não foram capazes de compatibilizar seus valores. Sem esta compatibilização, eles não foram capazes de se colocarem no lugar do outro, para perceberem aquela situação sob diferentes perspectivas.

Em considerando a cooperação como um *continuum* durante uma partida, pode-se dizer que ela não ocorreu. Algumas das operações componentes do sistema de trocas desses indivíduos podem ser ditas componíveis e reversíveis, mas não no todo. Prova disso é a indisposição em continuar a jogar e mesmo a não-conclusão de qualquer uma das três partidas iniciadas. As atitudes desses participantes mostraram que seus valores individuais não foram superados pelos valores do grupo.

Durante a entrevista, reconheceram que o Danilo tentou comandar mais as jogadas do grupo. Afirmaram que não combinaram nem jogadas nem estratégias de ação porque “ *não houve entendimento no grupo*”. Disseram que o que deixa um grupo motivado para trabalhar em conjunto é o entendimento e a colaboração recíprocas. Afirmaram que há respeito em um grupo quando ele se entende conversando. Porém, conhecedores das regras do jogo, eles não conseguiram cooperar no sentido de conseguir atingir o objetivo final: concluir uma partida, se possível, como vencedores.

Há que se destacar que outro grupo também não conseguiu conduzir nenhuma rodada do jogo do início até o final. Interessante é dizer que este grupo era constituído por duas meninas muito amigas, Pâmela e Daniela, e um menino. No entanto, Pâmela apresentou uma conduta que prejudicou o grupo. Ela afirmou várias vezes que preferia fazer outra coisa a jogar. Por diversas vezes abandonou o grupo para escrever à lousa e recusou-se a jogar em várias situações (nas quais eram os demais componentes que jogavam por ela). Portanto, ao que tudo indicou, os outros dois membros do grupo conseguiram compatibilizar suas escalas e, se fossem apenas os dois, conseguiriam cooperar.

Pâmela não ajustou seus valores nem com relação às atividades previstas, nem com relação a seus colegas. cursando a sexta série pela segunda vez, afirmou que atualmente “ *está tomando jeito*”, porque em geral não gosta de fazer tarefas nem de estudar. Gosta de conversar com os amigos e namorar.

Interessante dizer que Pâmela e Daniela são muito amigas. Ora, para serem amigas é preciso que sejam capazes de ajustar suas escalas de valores. No caso particular do jogo, porém, isso não foi possível, e, ao que tudo indica, não se refere ao fato de que o grupo era também constituído por um menino, com o qual ambas não tinham intimidade. O motivo parece estar na escala de valores de Pâmela.

Ao questionar Daniela sobre a conduta da amiga, Daniela afirmou que “ *ela é assim mesmo*”. Há que se considerar, hipoteticamente, que Pâmela não lida bem com relações assimétricas e, em especial, com aquelas referentes a atividades escolares. A valorização (ou desvalorização) dessas atividades em sua escala de valores faz com que ela tenha dificuldades em apresentar uma conduta racional nessas situações.

Numa visão inicial da coordenação e de seus colegas, focada nas atividades propostas no estudo de caso, a conduta da Pâmela poderia ser considerada ilógica. Na verdade, há lógica, só que os valores envolvidos são outros, que não aqueles que foram valorizados conjuntamente pelo grupo (coordenação e colegas).

Essas, portanto, foram as principais observações feitas a partir das atividades realizadas nas duas etapas com os pré-adolescentes. Há que se destacar que as principais características ou condutas dos grupos que efetivamente conseguiram cooperar na ação nas partidas do jogo foram: *a intenção de se divertir, de ser o vencedor individual no grupo, ou de contribuir para a vitória conjunta*. Este destaque é dado aqui porque esta constatação contribuiu para a modelagem dos agentes computacionais, cujo relato é feito no próximo capítulo.

9 Experimentos com agentes computacionais: análises e discussões

Este capítulo apresenta e analisa os experimentos realizados com agentes computacionais quando eles jogam o Jogo Cooperativo das Figuras Geométricas (JCFG). Este jogo, originalmente empregado nos experimentos realizados com pré-adolescentes descritos no capítulo anterior, foi adaptado para ser jogado exclusivamente por agentes computacionais, visando permitir o estudo sobre a cooperação entre agentes, bem como exercitar e verificar a aplicação do conjunto de Requisitos Piagetianos para uma Arquitetura de Agentes Computacionais e Sistemas Multiagente, o RePiarq, definido no capítulo sete.

Este capítulo está assim organizado. A primeira seção apresenta as regras do JCFG. A segunda seção faz correspondências entre os mecanismos de suporte à inteligência social definidos por Rocha Costa (2005) com as soluções propostas para o desenvolvimento das versões do software implementadas. A terceira seção apresenta um exemplo de modelagem de uma das versões do JCFG implementado, empregando o RePiarq. A quarta seção apresenta as cinco versões do JCFG que foram implementadas, bem como suas respectivas análises. A quinta seção tece considerações gerais sobre os experimentos, enfocando particularmente aspectos sobre a cooperação e sobre valores.

9.1 O jogo cooperativo das figuras geométricas

Nas quatro primeiras versões do Jogo Cooperativo das Figuras Geométricas (JCFG), um agente computacional denominado *Agente Jogador* joga contra três agentes computacionais que, juntos, constituem um grupo, denominado *Grupo de Agentes*. Na quinta versão são dois grupos de agentes que jogam entre si. Os resultados de cada uma dessas versões são apresentados na Seção 9.4.

O jogo conta com 4 peças nas seguintes formas geométricas: retângulo, círculo, triângulo e pentágono. Cada peça pode ser grande ou pequena, nas cores azul, vermelha, preta, amarela e verde, totalizando 60 peças. Todas as peças são distribuídas aleatoriamente, uma única vez a cada rodada.

O *Agente Jogador* recebe 20 peças inteiras e o grupo de agentes jogadores recebe as demais 40 que são constituídas de *meias-peças*. Denomina-se meias-peça uma peça representando uma figura geométrica, dividida ao meio. Portanto, dois agentes do *Grupo de Agentes* recebem 13 meias-peças e um 14 meias-peças.

A maneira como a distribuição das peças é feita é a seguinte: uma rotina sorteia uma forma, cor e tamanho, dentro das 40 possibilidades. Se a peça é para ser distribuída ao *Agente Jogador*, ela já é constituída inteira. Se é para ser distribuída a um dos jogadores do grupo, ela é dividida ao meio, sendo que uma metade é distribuída a um agente do grupo e a outra metade é distribuída a um de seus companheiros.

Inicia o jogo quem tiver uma peça que seja igual àquela sorteada por uma rotina. Esta peça pertence ou ao *Agente Jogador* ou a dois agentes do grupo. Ela é automaticamente retirada de um deles, o que constitui uma vantagem.

A partir da peça inicial, o jogador da vez deve tentar encaixar uma de suas peças naquela sorteada inicialmente. Este encaixe deve estar relacionado com a *cor* ou *formato e tamanho* da peça que possui com relação àquela apresentada. O *Agente Jogador* descarta peças inteiras e os jogadores do grupo as meias-peças (que combinadas formam uma peça inteira). A ordem das jogadas é uma vez cada um dos agentes.

A partir da segunda jogada, a exemplo do jogo de dominó, sempre existirão duas *pontas* que poderão receber descartes. Isto significa que o jogador da vez pode descartar a peça considerando um ou outro lado da seqüência de peças já descartadas.

Por exemplo, se o jogo iniciar com uma peça retangular, de cor azul e de tamanho grande, a seguinte jogada deve ser qualquer peça que seja azul (cor) ou retangular e grande de qualquer cor (formato e tamanho). Ainda, se aparecer uma peça triangular, amarela e pequena, a seguinte deve ser qualquer peça amarela (cor) ou triangular e pequena de qualquer cor (formato e tamanho).

Com exceção da jogada do *Agente Jogador*, cada jogada é concluída pela composição de duas meias-peças, que sempre estão de posse de jogadores diferentes da equipe, e que, juntas, compõem uma peça inteira. O jogador da vez, percebendo qual de seus companheiros pode complementar sua jogada, convida-o para dela participar. O jogador que coopera com o jogador da vez na composição da peça acaba recebendo um crédito em relação a ele. O jogador que solicita a participação do outro fica em débito para com o jogador que com ele cooperou.

O jogo como um todo é vencido ou perdido pelo *Agente Jogador* ou pelo *Grupo de Agentes*. No caso de vitória do *Grupo de Agentes*, ganha individualmente o jogador do grupo que primeiro descartar todas as suas peças ou aquele que tiver menos débitos e menos créditos. É por este motivo que o jogador deve considerar seus débitos e créditos em suas jogadas. Para ganhar créditos ou pagar débitos, ele deve aceitar as propostas de compor as meias-peças com seus companheiros. Ele adquire débitos para com aqueles companheiros que aceitam cooperar com ele.

Os jogadores do *Grupo de Agentes* têm acesso às meias-peças que seus companheiros possuem. Este acesso é viabilizado para permitir que sejam elaboradas estratégias para vencer o jogo. A definição de estratégias pode ser feita via comunicação sem que o *Agente Jogador* saiba a respeito.

Caso seja a vez de algum participante jogar e ele não possuir a peça ou meias-peça que atenda ao requisito de cor ou formato e tamanho, ele deve *passar a vez*, de maneira que perderá a oportunidade de descartar uma das peças. Então a vez de jogar passa a ser a do jogador da seqüência. Esta é uma penalidade, visto que ganha o jogo quem terminar suas peças primeiro.

Com exceção do primeiro experimento, em todos os demais os agentes foram implementados com *Inteligência Social*. Inteligência Social, conforme Rocha Costa, “[...] é a capacidade de raciocinar sobre possíveis parcerias e possíveis formas de interação, usando valores de troca como um meio de avaliação da qualidade das interações.” (COSTA, 2005, p. 4). Essas e outras questões são abordadas a seguir.

9.2 Mecanismos de suporte à inteligência social

Rocha Costa em (2005) pontua os principais mecanismos de suporte a ambientes cooperativos, o que inclui os valores de troca e, conseqüentemente, a *Inteligência Social* dos agentes. São eles:

- 1) Mecanismos de expressão de valores de troca.
- 2) Mecanismos de visualização de valores de troca.
- 3) Mecanismos de inferência de valores de troca.

- 4) Mecanismo de registro e acumulação de valores de troca.
- 5) Mecanismos de comparação de valores de troca.
- 6) Mecanismos de supervisão do equilíbrio de valores de troca.

A seguir esses mecanismos são retomados e a eles é associada uma síntese do que significam, bem como as justificativas (quando necessário) de sua utilização nas cinco versões implementadas do JCFG.

9.2.1 Mecanismos de expressão de valores de troca

Piaget definiu, como único requisito, que o conjunto de valores de troca deve constituir uma escala, uma relação de ordem (COSTA, 2005).

Optou-se por utilizar uma tabela ordenada para armazenar os valores utilizados nos experimentos. A Tabela 9.1 mostra a representação utilizada para expressar esses valores.

Tabela 9.1 – Expressão dos valores de troca

Ordem	Valor	Característica do agente
A	Estimulação (diversão).	Reagente
B	Realização (status pessoal).	Individualista
C	Universalismo (trabalho em grupo).	Cooperativo

A Tabela 9.1 mostra na primeira coluna, os elementos *A*, *B* e *C* indicando a ordem de prioridade dos valores. Esta tabela mostra apenas uma das ordens possíveis; no caso deste exemplo, a *Estimulação* tem maior valor do que a *Realização*, e a *Realização* tem maior valor do que o *Universalismo*. Outras combinações são possíveis e foram utilizadas nas implementações.

Na segunda coluna da Tabela 9.1 estão relacionados os valores utilizados nos experimentos. Optou-se por esses valores em decorrência de observações nos dois estudos de caso apresentados no capítulo anterior. Neles foi possível observar que os pré-adolescentes, ao jogarem o JCFG, faziam-no basicamente movidos por três motivos, aqui entendidos como valores: por diversão, por interesse de ser o vencedor no grupo, e por interesse de colaborar com o grupo.

A Tabela 9.1 foi elaborada depois que esses valores foram mapeados para os tipos motivacionais de valores universais definidos por Schwartz, uma extensão do modelo teórico proposto por Rokeach em 1973. Schwartz não supõe que os valores humanos individualmente sejam universais; seriam universais as motivações que os sustentam. Elas dariam origem aos tipos de valores ou tipos motivacionais que são mostrados na Tabela 9.2, juntamente com exemplos de valores específicos entre parênteses.

Este modelo reúne dados consistentes que o suportam cultural (incluindo o Brasil) e trans-culturalmente (GOUVEIA, V. et al., 2001). Por esses motivos ele foi escolhido para dar maior sustentação aos exemplos utilizados nos experimentos apresentados neste capítulo, embora o interesse maior esteja na dinâmica das trocas e não nos conteúdos dos valores.

Tabela 9.2 -Tipos motivacionais de valores universais (GOUVEIA, V. et al., 2001 p. 135)

Autodireção	Independência no pensamento e na tomada de decisão, criação e exploração (criatividade, independente, liberdade).
Estimulação	Ter excitação, novidade e mudança na vida (ser atrevido, uma vida excitante, uma vida variada).
Hedonismo	Prazer ou gratificação sensual para a própria pessoa (desfrutar da vida, prazer).
Realização	Êxito pessoal como resultado da demonstração de competência segundo as normas sociais (ambicioso, capaz, obter êxito).
Poder	Posição e prestígio social, controle ou domínio sobre pessoas e recursos (autoridade, poder social, riqueza).
Benevolência	Preservar e reforçar o bem-estar das pessoas próximas com quem se tem um contato pessoal freqüente e não casual (ajudando, honesto, não rancoroso, ter sentido na vida).
Conformidade	Limitar as ações, inclinações e impulsos que possam prejudicar a outros e violar expectativas ou normas sociais (auto-disciplina, bons modos, obediência).
Tradição	Respeitar, comprometer-se e aceitar os costumes e as idéias que a cultura tradicional ou a religião impõem à pessoa (devoto, honra aos pais e mais velhos, humilde, respeito pela tradição, vida espiritual).
Segurança	Conseguir segurança, harmonia e estabilidade na sociedade, nas relações interpessoais e na própria pessoa (ordem social, segurança familiar, segurança nacional).
Universalismo	Compreensão, apreço, tolerância e proteção em direção ao bem-estar de toda a gente e da natureza (aberto, amizade verdadeira, igualdade, justiça social, protetor do meio ambiente, sabedoria, um mundo em paz, um mundo de beleza).

9.2.2 Mecanismos de visualização de valores de troca

A visualização dos valores propicia que os valores de troca estejam sempre presentes, diminuindo a possibilidade de serem perdidos e contribuindo para sua conservação (COSTA, 2005).

Com exceção da primeira versão, optou-se por disponibilizar visualmente os valores de troca de cada agente durante todo o processo de uma rodada do jogo. Mediante consulta, o agente pode definir com qual outro agente deseja ou é mais adequado realizar uma jogada conjunta.

9.2.3 Mecanismos de inferência de valores de troca

A inferência de valores é um processo pelo qual um agente pode obter um valor representativo de um valor de troca, atribuído por outro agente a uma operação (COSTA, 2005).

Optou-se por considerar que cada tarefa feita pelos agentes seja valorada com um único valor padrão, o 1. Isto está assim proposto porque se entendeu que existe um único serviço prestado pelos agentes: a contribuição em uma jogada.

9.2.4 Mecanismo de registro e acumulação de valores de troca

É um repositório onde ficam registrados e acumulados os valores de débito e crédito referentes às interações realizadas, sendo que elas podem ser consultadas considerando seu histórico (COSTA, 2005).

Optou-se por definir para cada agente uma tabela contendo a identificação dos agentes parceiros e seus respectivos valores de débito e crédito. A Tabela 9.3 ilustra uma situação, a mais freqüente, em que três agentes parceiros, o agente *X*, o agente *Y* e o agente *Z*, jogam contra o *Agente Jogador*.

Por exemplo, ao descartar uma peça na sua vez de jogar, o agente *X* convida o agente *Y* para completar sua jogada. Pelo serviço prestado pelo agente *Y* é atribuído o valor 1, em sua tabela de créditos referentes ao agente *X*, e o valor 1 é atribuído ao *X* em sua tabela de débitos em relação ao agente *Y*. Esta situação é ilustrada a seguir.

Tabela 9.3 – Representação I: troca de valores entre os agentes *X* e *Y*

Agente X			Agente Y			Agente Z		
	Débito	Crédito		Débito	Crédito		Débito	Crédito
Y	1		X		1	X		
Z			Z			Y		

Supondo que o próximo jogador da vez seja o agente *Y*, e se ele convidar o agente *Z* para participar de sua jogada, pelo serviço prestado pelo agente *Z*, o agente *Y* atribui, em sua tabela de débitos, o valor 1; o agente *Z* fica com o respectivo crédito. A Tabela 9.4 ilustra esta situação.

Tabela 9.4 – Representação II: troca de valores entre os agentes *Y* e *Z*

Agente X			Agente Y			Agente Z		
	Débito	Crédito		Débito	Crédito		Débito	Crédito
Y	1		X		1	X		
Z			Z	1		Y		1

Estes débitos e créditos são cumulativos. Significa que, no final de uma rodada do jogo, o agente *X* pode ter, por exemplo, quatro créditos e três débitos referentes ao agente *Y*.

Sendo esta tabela de acesso público, ela fica visível tanto para o usuário quanto para os agentes participantes do jogo¹²², permitindo que, a qualquer momento, qualquer agente possa consultar a tabela de débitos e créditos dos agentes parceiros. Quanto aos aspectos históricos das trocas, eles não foram considerados, visto que se trata de um único tipo de interação, e, portanto, é irrelevante o momento em que ela foi realizada.

9.2.5 Mecanismos de comparação de valores de troca

É um mecanismo que viabiliza a comparação e correspondência dos valores de troca levando em conta a escala de valores de cada agente considerado (COSTA, 2005).

Optou-se por utilizar as duas tabelas, a de expressão dos valores de troca, mostrada na Tabela 9.1, e as tabelas de registro e acumulação de débitos e créditos, a 9.3 e 9.4.

Nas primeiras três versões, os valores (também denominados característica dos agentes) são determinados previamente e todos os agentes possuem esta mesma escala. Nas versões

¹²² O *Agente Jogador* não consulta essas tabelas em nenhum momento.

quatro e cinco, há um dispositivo de identificação e determinação dessa característica a cada um dos agentes. Utilizando as Tabelas 9.3 e 9.4, cada agente pode verificar os débitos e créditos de qualquer agente para com outro, incluindo os seus próprios.

9.2.6 Mecanismos de supervisão do equilíbrio de valores de troca

São mecanismos que permitem supervisionar o estado dos valores visando induzir e/ou alertar os agentes com respeito a desequilíbrios significativos que podem surgir durante as trocas (COSTA, 2005).

Optou-se por não utilizar nenhum mecanismo de supervisão de equilíbrio dos valores de troca, visto que, nas versões implementadas, eles não se fizeram necessário.

Feitas estas considerações, cabe relembrar um dos objetivos do trabalho de tese: propor um conjunto de requisitos para *agentes computacionais cooperativos* a partir de uma interpretação da teoria piagetiana sobre a *cooperação na ação*. E, como descrito no capítulo seis, esta proposição foi feita. Mas cabe dizer que esta proposição foi construída ao longo da realização do trabalho de tese, a partir das retomadas teóricas, bem como das análises dos experimentos práticos realizados.

Os experimentos práticos realizados foram os descritos neste capítulo (e também aquele que consta na Seção 7.1.5 do capítulo anterior). Em particular as implementações aqui relatadas seguiram o método de prototipação. Ou seja, o que se fez, após elaborar cada versão do conjunto de Requisitos Piagetianos para uma Arquitetura de Agentes e Sistemas Multiagente (o RePiarq), foi empregá-lo para modelar e implementar cada uma das cinco versões do software nas quais agentes computacionais jogam o JCFG.

Note-se que cada versão foi construída a partir da anterior, com pelo menos uma característica a mais em termos de funcionalidade. E, a cada versão, o próprio RePiarq foi sendo avaliado e analisado¹²³. De maneira que apenas a última versão, a versão cinco, foi modelada e implementada utilizando o RePiarq como descrito no capítulo sete, embora as demais modelagens não lhe sejam incompatíveis, visto que apenas constituíram versões menos evoluídas.

A próxima seção apresenta um exemplo da modelagem feita para resolver o problema do JCFG utilizando o RePiarq. A título de ilustração, optou-se por apresentá-la considerando um exemplo em que o *Agente Jogador* joga contra o *Grupo de Agentes* composto por três agentes cooperativos.

9.3 Exemplo de modelagem do jogo com o RePiarq

Concebeu-se uma sociedade constituída por quatro agentes, sendo um denominado *Agente Jogador* e três denominados *Agentes Cooperativos*. Esta sociedade é constituída por regras, valores e sinais sociais, que são elementos de domínio público dos agentes que nela habitam, e por regras, valores e sinais individuais, que individualizam os agentes.

¹²³ Essas avaliações e análises correspondem à validação dos requisitos do RePiarq. Segundo a metodologia adotada (descrita na Seção 1.4), o processo de definição dos requisitos constitutivos do RePiarq, conforme (SOMMERVILLE; KOTONYA, 1997), segue as etapas de elicitação, análise e validação. Portanto, a utilização do RePiarq, na modelagem e implementação das cinco versões do JCFG, constitui, efetivamente, a validação do RePiarq.

As regras sociais são a igualdade, a reciprocidades, a obrigatoriedade de jogar, e a punição para o não-cumprimento destas regras. Os valores sociais são os estados valorizados pela sociedade: ser vencedor individualmente e ser cooperativo. Os sinais são o conjunto de símbolos representando os objetos físicos do jogo.

As regras individuais com as quais os agentes se comprometeram são exatamente aquelas definidas socialmente: a igualdade, a reciprocidades, a obrigatoriedade de jogar, e a punição no caso de seu não-cumprimento. Os valores individuais, expressos em uma tabela ordenada, são utilizados para definir a conduta do agente, de maneira que, se em sua escala está priorizando um conjunto de valores que o caracterizam como cooperativo, esses valores determinariam este tipo de conduta. Os sinais individuais são as primitivas de comunicação utilizadas pelos agentes cooperativos (o *Agente Jogador* não precisa comunicar-se com quaisquer outro agente).

Optou-se por modelar o *Agente Jogador* com a característica de ser reagente, e todos os agentes do grupo com a característica de serem cooperativos (conforme características da Tabela 9.1). A Figura 9.1 ilustra a modelagem do *Agente Jogador*.

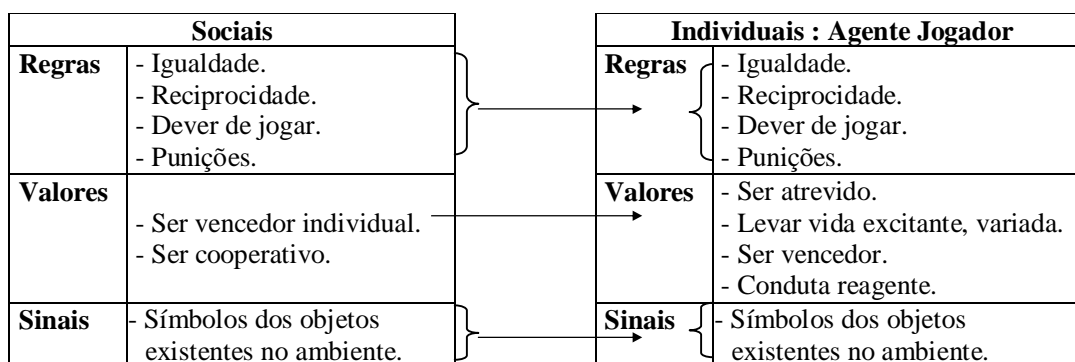


Figura 9.1 - Influência das regras valores e sinais sociais sobre o agente jogador

Como mostrado na Figura 9.1, a influência das regras, valores e sinais ocorre apenas no sentido social-individual¹²⁴. Note-se que, no exemplo ilustrado, todas as regras sociais são assumidas e compreendidas pelo agente. Dentre os estados valorizados pela sociedade está aquele em que o indivíduo é vencedor individualmente. Os valores individuais do *Agente Jogador* também influenciados pelo valor individualista social, definem sua conduta, uma conduta reagente. Quanto aos sinais sociais (símbolos no sentido piagetiano), também eles são assumidos e compreendidos pelo agente.

A Figura 9.2 ilustra a modelagem dos agentes cooperativos. Também no que tange a eles, a influência das regras, valores e sinais ocorre apenas no sentido social-individual. Esses agentes assumem e compreendem todas as regras sociais e, além disso, possuem uma regra individual, que é a condição de dialogar. Isso significa que esses agentes conhecem as regras que os habilitam a comunicarem-se entre si.

¹²⁴ Nesses exemplos, a influência das regras, valores e sinais ocorre apenas no sentido social-individual. No entanto, a recíproca pode ser verdadeira e, como tal, implementada.

Sociais		Individuais: Agentes Cooperativos	
Regras	- Igualdade. - Reciprocidade. - Dever de jogar. - Punições.	Regras	- Igualdade. - Reciprocidade. - Dever de jogar. - Punições. - Dialogar.
Valores	- Ser vencedor individual. - Ser cooperativo.	Valores	- Ser amigo. - Ser honesto. - Priorizar a justiça social. - Igualdade e Reciprocidade. - Conduta cooperativa.
Sinais	- Símbolos dos objetos existentes no ambiente.	Sinais	- Símbolos dos objetos existentes no ambiente. - Primitivas de comunicação individuais.

Figura 9.2 - Influência das regras, valores e sinais sociais sobre agentes cooperativos

Dentre os estados valorizados pela sociedade está aquele em que o indivíduo é cooperativo. Os valores individuais dos agentes cooperativos, influenciados por este valor social, definem sua conduta, uma conduta cooperativa. Quanto aos sinais sociais (símbolos no sentido piagetiano), também eles são assumidos e compreendidos pelos agentes. Além desses, existem os sinais individuais que são o conjunto de primitivas utilizadas pelos agentes para viabilizar sua comunicação.

A Figura 9.3 ilustra a configuração dos agentes que atuarão no jogo: de um lado o *Agente Jogador* e de outro o *Grupo de Agentes* constituído por três agentes cooperativos. Ilustra também a influência das regras, valores e sinais sociais sobre todos eles, e as regras, valores e sinais individuais que caracterizam o *Agente Jogador*, e aquelas que caracterizam os três agentes cooperativos.

Nesta solução, os agentes cooperativos são iguais do ponto de vista de sua conduta, mas cada um deles é tratado como um indivíduo em separado, ou seja, regras, valores e sinais individuais são idênticos, constantes e válidos durante toda a execução de uma rodada do jogo, mas percepção, memória, tendências, interesse, vontade, cognição e planos são variáveis e tratadas individualmente.

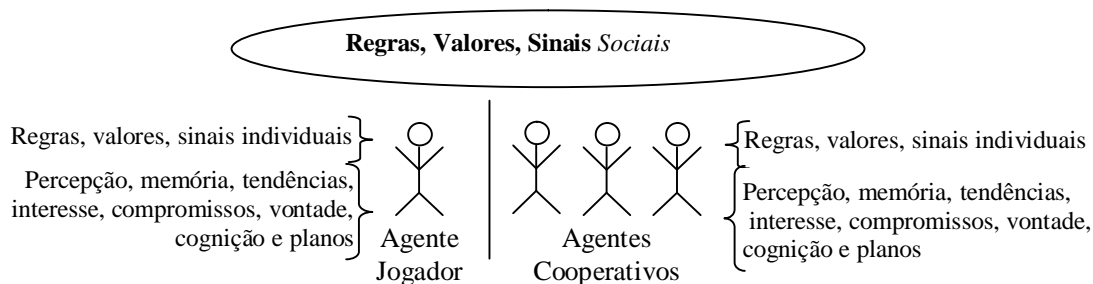


Figura 9.3 – Agente jogador contra equipe de agentes cooperativos

Com relação a organização interna do agentes, portanto, considerando o exemplo da sociedade de agentes jogadores, cada agente é dotado de:

a) Percepção:

Uma capacidade determinada de perceber o ambiente incluindo:

- 1) As figuras geométricas utilizadas no jogo, bem como suas cores e tamanhos.
- 2) O local onde deve ser descartada a peça considerando um ou outro lado da seqüência de peças já descartadas.
- 3) A identificação do jogador da vez.
- 4) No caso dos agentes cooperativos, as mensagens, as cartas do baralho e o mecanismo de registro e acumulação de valores de troca, seu e dos parceiros.
- 5) No caso do *Agente Jogador*, suas cartas.

b) Memória:

Local onde fica armazenado o mecanismo de registro e acumulação de valores de troca.

c) Tendências:

Identifica as possíveis jogadas, considerando informações advindas da percepção e da memória, e as informa para a vontade.

d) Interesses:

O interesse tanto do *Agente Jogador* quanto do *Grupo de Agentes* constitui a síntese de seus valores.

- 1) Quanto ao *Agente Jogador*, seu interesse é descartar a primeira peça que atenda aos requisitos de cor ou formato e tamanho, de seu conjunto de peças, o que corresponde ao valor de Estimulação (diversão), mostrado na Tabela 9.1.
- 2) Quanto a cada um dos agentes cooperativos, seus interesses são o de levar seu grupo à vitória, o que corresponde aos valores de Universalismo (trabalho em grupo), mostrado na Tabela 9.1. Eles assim procedem quando em suas vezes de jogar, o fazem em conjunto com o agente que tem maiores chances de ganhar, ou seja, aquele que possui menor quantidade de peças.

e) Compromissos:

Os compromissos são as operações com as quais os agentes se comprometem mutuamente, ou seja, atuar conforme suas características de serem cooperativos.

f) Vontade:

No caso do *Agente Jogador*, a ação a ser realizada é decida pela vontade, considerando as tendências, incluindo a percepção, seus interesses (síntese dos valores), e regras.

No caso dos agentes do *Grupo de Agentes*, a ação a ser realizada é decida pela vontade, considerando as tendências, incluindo a percepção e a memória, particularmente o mecanismo de registro e acumulação de valores de troca seu e dos parceiros, os compromissos, os interesses (síntese dos valores), e as regras.

g) Um mecanismo cognitivo:

Trata-se de um conjunto de esquemas de ação, previamente determinado pelo projetista, que habilita os agentes a classificar e relacionar, podendo assim operar (no sentido piagetiano) com os objetos existentes no ambiente, bem como determinar sua conduta através da identificação e execução de esquemas de ação e/ou planos (procedimentos) necessários para tal.

h) Planos:

Planos são as seqüências ordenadas de operações (ou esquemas de ação) e meios destinados a atingir um fim. São individuais quando representam apenas os planos elaborados pelo agente; são sociais quando representam os planos que o agente estabelece com outros agentes em atividade de cooperação¹²⁵.

i) Regras:

O item contém as regras com as quais o agente está comprometido. Neste exemplo, está comprometido com a igualdade, reciprocidade, obrigatoriedade de jogar, e a possibilidade de punições. No caso específico dos agentes cooperativos, eles também estão comprometidos com as regras que definem as primitivas de comunicação que lhes permite dialogar.

j) Valores:

No caso do *Agente Jogador*, os valores “ser atrevido”, levar “uma vida excitante” e “variada” são organizados em uma escala, e esta escala determina seus interesse e, portanto, sua conduta reagente no ambiente.

No caso dos agentes cooperativos, os valores “ser amigo”, “ser honesto”, “priorizar as justiça social”, respeitando a “igualdade” e a “reciprocidade”, são organizados de maneira idêntica em três escalas, e, igualmente, elas determinam os interesses desses agentes e suas condutas, de serem cooperativos no ambiente.

k) Sinais:

São os símbolos existentes no ambiente que são reconhecidos pelos agentes. No caso dos agentes cooperativos, são também as primitivas de comunicação.

Tanto a conduta do *Agente Jogador* (que é reagente) quanto a conduta dos agentes cooperativos fazem com que eles atuem no ambiente visando a ganhar o jogo. A principal diferença é que, desde o início do jogo, os agentes cooperativos verificam qual dos parceiros tem maiores chances de vencer (aquele que tem menor quantidade de peças). Ao identificar este agente, os dois agentes restantes, na sua vez de jogar, descartam suas peças tentando priorizar as jogadas, para que o agente que tem maiores chances de vencer dela participe.

Isso significa também que o valor de vencer individualmente (ganha o jogador da equipe que tiver menos débitos e menos créditos) é superado pelo valor de efetivamente contribuir para a vitória do grupo. Neste caso, em se insistindo para determinar o vencedor individual, poder-se-ia considerar vencedor o jogador com maior número de créditos, visto que pôde auxiliar mais seu grupo.

Nesta solução, as regras, os valores e os sinais, tanto sociais quanto individuais, são considerados válidos para uma rodada do jogo. O mesmo ocorre com a estrutura cognitiva. Neste exemplo, como nos experimentos realizados, optou-se por não construir mecanismo de aprendizagem e considerá-lo em equilíbrio durante aquele momento determinado. Em outras palavras, os procedimentos necessários para fazer com que os agentes efetuem classificação e relações entre as figuras geométricas, síntese das operações necessárias para jogar, foram

¹²⁵ No caso da correspondente implementação, trata-se apenas de planos individuais, quer do *Agente Jogador*, quer do *Grupo de Agentes*, que são constituídos a partir de seus esquemas de ação. O objetivo que os move é descartar peças, e a maneira como eles atingem este objetivo decorre de seus interesses (diversão, no caso do *Jogador*, e cooperação no caso do *Grupo de Agentes*). Portanto, seus interesses influenciam na escolha do plano da jogada que executam.

desenvolvidos previamente. Basta que a rotina da vontade decida qual ação a tomar e selecione quais procedimentos são necessários para que esta ação seja efetivada.

Neste contexto, uma operação é composta pelo conjunto de ações realizadas pelo agente que culmina com o descarte de uma de suas peças na sua vez de jogar. Este descarte já indica também que a operação foi concluída, e que o mecanismo de registro e acumulação de valores de troca pode ser atualizado. Portanto, cada operação de descarte de peça corresponde a um serviço executado por um agente com ajuda de outro. Cada troca equivale ao número um, tanto no débito do agente da vez, quanto do crédito do agente que o auxiliou na jogada.

A comunicação entre os agentes cooperativos é feita através do uso de um conjunto de primitivas. São elas: o agente *X* solicita uma peça ao agente *Y*; o agente *X* aceita contribuir com uma peça na jogada do agente *Y*; o agente *X* passa a vez de jogar. Nas versões quatro e cinco, a primitiva de negar contribuir com uma peça também é empregada.

A cooperação na ação, no sentido de Piaget, se concretiza, visto a alternância das operações realizadas por cada um dos agentes, seja o *Agente Jogador*, sejam os agentes cooperativos. A totalidade dessas operações constitui um sistema reversível que obedece às leis dos grupamentos operatórios.

A próxima seção apresenta os resultados obtidos com cada uma das cinco versões implementadas¹²⁶ (MARCONDES; RIZZI; CASTRO, 2005).

9.4 Implementações e resultados

Foram modeladas, implementadas e testadas cinco versões do JCFG, sendo que, em cada uma delas, os agentes computacionais jogam entre si conjunta ou competitivamente. Os agentes que jogam conjuntamente são aqueles que formam o *Grupo de Agentes*, que jogam juntos para vencer o adversário. Nas quatro primeiras versões, o adversário é um único agente computacional denominado *Agente Jogador*. Na quinta versão, o adversário é também um *Grupo de Agentes*.

O desenvolvimento do jogo foi realizado em três etapas. A primeira etapa constitui a implementação das três primeiras versões, que foram desenvolvidas a partir do jogo utilizado pelos pré-adolescentes, descrito no capítulo anterior. A Figura 9.4 mostra uma síntese dessas etapas.

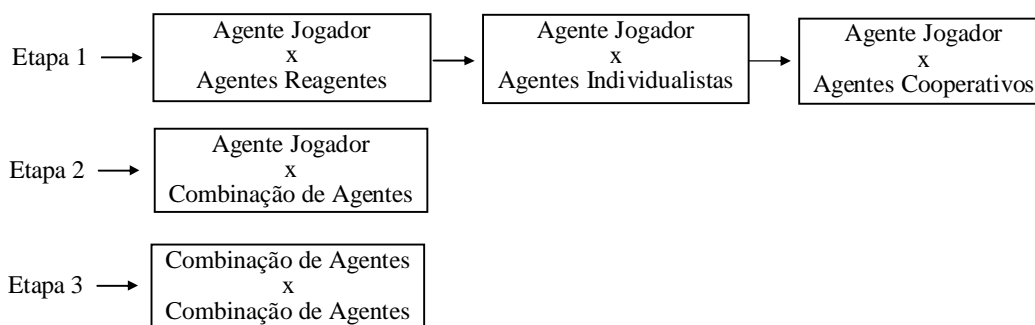


Figura 9.4 – As três etapas e cinco versões do JCFG

¹²⁶ Esses resultados fazem parte do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) de Bacharelado em Informática, desenvolvido na UNIOESTE, elaborado por Eduardo João Marcondes, sob orientação da autora (e formalmente sob co-orientação de Josué Pereira de Castro). Desde o projeto de TCC, ele foi elaborado vinculado ao trabalho de tese da autora.

A Figura 9.4 mostra as três etapas do desenvolvimento do jogo. Na primeira etapa foram desenvolvidas três versões, sendo que, em cada uma delas, um *Agente Jogador* jogava contra um grupo de três agentes, que apresentavam características que acabam por defini-los como agentes reagentes, agentes individualistas, ou agentes cooperativos.

Optou-se por atribuir essas características aos agentes a partir dos resultados obtidos nos experimentos realizados com agentes humanos (pré-adolescentes) que jogaram este mesmo jogo e cujos resultados foram apresentados no capítulo anterior. Naquele capítulo, mostrou-se que os comportamentos mais característicos dos pré-adolescentes eram esses: ou jogavam apenas para se divertirem (reagentes), ou jogavam pensando em ser vitoriosos dentro de suas próprias equipes (individualistas), ou jogavam pensando na equipe como um todo (cooperativos). Incluem-se portanto, na modelagem dos agentes computacionais essas características.

São denominados *agentes reagentes* quando, em sua vez de jogar, jogam a primeira carta que encontram e que se encaixa nas regras de combinação por *cor* ou *formato e tamanho*. Isto significa que esses agentes estão interessados em diversão, no dinamismo do próprio jogo, sem levar em conta outras questões.

São denominados *agentes individualistas* quando, em sua vez de jogar, analisam a jogada considerando a que lhes pode beneficiar no sentido de que possa contribuir para que seja o vencedor no grupo, ou seja, aquele que descarta primeiro todas as peças.

São denominados *agentes cooperativos* quando, em sua vez de jogar, analisam a jogada na tentativa de beneficiar o agente companheiro com maiores chances de ser o vencedor no grupo (incluindo ele mesmo), ou seja, aquele agente que possui menor quantidade de peças.

O *Agente Jogador* é sempre reagente, porque as características de individualismo ou cooperativismo estão relacionadas a agentes que constituem grupos, e como o *Agente Jogador* atua sozinho, não podendo colaborar ou atrapalhar outro agente, não é necessário (nem faz sentido) atribuir-lhe outras características.

No entanto, a modelagem dos agentes definida na primeira etapa, que culminou com a implementação das três primeiras versões, não permitia que fossem analisados os relacionamentos entre agentes com diferentes características. Ou seja, essas versões permitiam analisar apenas uma sociedade onde existam somente agentes com a mesma característica (reagentes, individualistas ou cooperativos exclusivamente), o que geralmente não acontece em situações mais próximas do mundo real, a exemplo do que ocorreu com os pré-adolescentes.

A etapa dois veio solucionar este problema. Ela permite a construção de grupos de agentes cujos membros tenham diferentes características.

Na etapa três foi desenvolvida a quinta versão do software. Ela permite a comparação direta de desempenho entre grupos constituídos por agentes dotados de diferentes características. Nesta etapa deixa de existir a figura do *Agente Jogador*.

A interface mostrada na Figura 9.5, mesmo pertencente à versão um do jogo, contém elementos que estão presentes em todas as versões desenvolvidas, ressaltando:

- 1) O menu de relatórios, que fornece o relatório de comunicação ou um relatório geral da última partida.
- 2) O botão “*Distribuir Peças*”, que faz a distribuição das peças entre os jogadores.
- 3) O botão “*Inicia Simulação*”, que, ao ser acionado, inicia uma partida.
- 4) O conjunto de peças do *Agente Jogador*.

- 5) O conjunto de peças do *Grupo de Agentes*.
- 6) O quadro de comunicação, que exibe as primitivas de comunicação trocadas entre os agentes da equipe de agentes.
- 7) O quadro de mensagens, que exibe mensagens como a informação de que o agente está passando sua vez, e a indicação do agente escolhido para complementar uma jogada.
- 8) Os números ao lado do *delay*, que mostram o tempo decorrido desde o início da partida.
- 9) O local onde ficam as peças atuais que correspondem às duas “pontas” com possibilidades de descarte.
- 10) O local da peça que efetivamente é descartada, e que é constituída a partir de suas duas meias-peças.

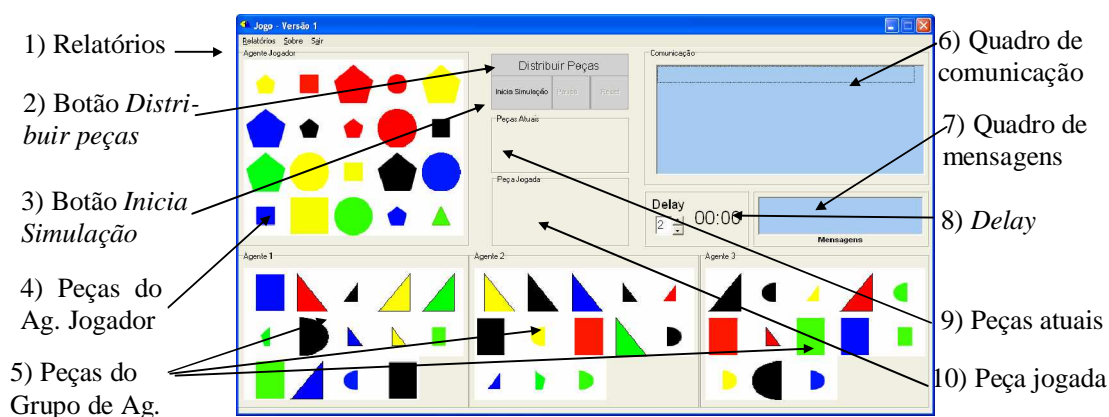


Figura 9.5 – Ilustração da interface da versão um do JCFG

Em todas as versões foi realizado um conjunto de testes contendo 30 partidas. Esta quantidade foi estabelecida a partir da constatação de que este número representa bem as características de cada versão. Em cada teste foram gravados os relatórios gerais e de comunicação para análise e comparação entre as diferentes versões. Utilizando os dados dos relatórios foram montadas tabelas que mostram os resultados finais de todos os agentes em todas as 30 execuções. As sínteses dessas tabelas são mostradas nas próximas seções.

9.4.1 Etapa 1: Agentes de mesma característica contra agente jogador

Os resultados obtidos com as execuções realizadas na primeira etapa, que inclui as três primeiras versões, são individualizados nas próximas subseções. A Tabela 9.5 antecipa uma síntese dos resultados gerais obtidos nos testes com cada uma delas.

Tabela 9.5 – Síntese sobre os resultados dos testes executados com as três versões

	A	B	C
	Versão um	Versão dois	Versão três
Vitória do Agente Jogador	6	8	7
Vitória do Grupo de Agentes	21	22	22

Empate	3	0	1
Vitórias do Agente Um	6	5	0
Vitórias do Agente Dois	6	5	20
Vitórias do Agente Três	9	10	2

A primeira parte da Tabela 9.5 mostra individualmente as vitórias do *Agente Jogador* e do *Grupo de Agentes* em cada uma das versões. A linha *Empate* mostra as vezes em que não houve vencedor, visto que nem o *Agente Jogador* nem o *Grupo de Agentes* conseguiram descartar todas as peças. A segunda parte da Tabela 9.5 mostra as vitórias individuais de cada um dos três agentes do *Grupo de Agentes*, em cada uma das três versões do jogo. Os comentários sobre cada uma dessas versões são feitos a seguir.

9.4.1.1 Agentes reagentes contra agente jogador

Nesta primeira versão do jogo, os agentes não têm nenhum procedimento especial para escolher o agente parceiro para jogada. O agente da vez escolhe a primeira peça do seu quadro de peças que encaixe com uma das peças do espaço de *peças atuais*. Depois disso, ele busca o outro agente da equipe que possua a outra metade da peça. O agente que possui a outra metade da peça nunca deixa de cooperar com o agente da vez, pois jogando está diminuindo suas peças, chegando mais próximo da vitória sua e da equipe.

Nessa versão foi notado que a comunicação entre os agentes do *Grupo de Agentes* não teve um papel fundamental na execução das partidas. Isso ocorreu devido à própria estrutura do jogo, que não disponibiliza peças repetidas. Isso implica não haver possibilidade de escolha de outros agentes para jogar, visto que a outra metade da peça definida pelo agente da vez pertence exclusivamente a um determinado agente.

O agente da vez faz a comunicação solicitando a peça, sabendo a quem ela pertence, pois todos os agentes têm acesso às peças de toda a equipe. E o agente cuja peça foi solicitada nunca a nega, pois para ele é uma vantagem descartá-la. Portanto, essa comunicação seria dispensável, já que a peça solicitada nunca é negada. A comunicação serve apenas como uma ferramenta ilustrativa, através da qual se podem acompanhar os relacionamentos entre os agentes.

Os testes, cuja síntese é mostrada na coluna A da Tabela 9.5, mostra que o *Grupo de Agentes* reagentes teve um bom desempenho em relação ao *Agente Jogador*. Foram 21 vitórias contra 6, e 3 empates.

Na segunda e terceira versões foi modificado o critério de escolha do agente, visando explorar mais as questões relativas à cooperação entre eles. Estas questões são abordadas a seguir.

9.4.1.2 Agentes individualistas contra agente jogador

Nesta versão foi definido um *Grupo de Agentes* com características individualistas. Diferentemente da versão anterior, nesta o agente da vez escolhe primeiramente o agente com quem irá jogar. Então, a partir dessa escolha, ele tenta encontrar uma peça que combine com uma das peças do agente escolhido.

A característica individualista é reconhecida no agente por seu empenho em vencer dentro do grupo, em detrimento às possibilidades de vitória do grupo. Essa característica é

implementada de maneira que o agente tenta impedir que os outros agentes do grupo vençam. Ele faz isso sempre escolhendo como parceiro de jogada o agente que tem mais peças entre os agentes do grupo. Esse agente tem, teoricamente, a menor chance de vitória entre todos. Deixando de jogar com os agentes com maiores chances de vitória ele está atrasando uma possível vitória do grupo. Ele só não joga com o agente com mais peças quando os dois não possuem nenhuma peça em comum, caso em que ele joga com um dos outros agentes.

Outra diferença em relação à versão anterior é a segunda opção de escolha do agente para complementar a peça jogada, caso o primeiro teste (a escolha pelo parceiro que possui maior quantidade de peças) acabe empatado. Isso ocorre quando a quantidade de peças dos dois agentes que podem ser escolhidos é igual. Neste caso é usado um segundo critério de escolha, o mecanismo de troca do agente em relação aos outros agentes da sua equipe.

O mecanismo de troca registra débitos e créditos em relação aos pedidos de composição de peças que são aceitos. Os agentes foram implementados de maneira que tentam sempre deixar seu saldo o mais próximo possível de zero. Isso acontece porque, caso um agente tenha um número grande de débitos em relação a um outro agente, significa que ele já pediu peças muitas vezes para aquele agente, e a idéia seria que jogasse com outro agente para melhor distribuição das jogadas. O mesmo ocorre com os créditos. Se o agente tiver créditos em relação a um outro agente, significa que ele foi convidado mais vezes por ele do que por outro agente, ou seja, jogou mais com esse agente do que com o outro.

O mecanismo de escolha por débitos e créditos também pode estar empatado. Neste caso o agente escolhe o próximo agente sequencialmente a ele. Esta situação ocorre muitas vezes nas jogadas finais da partida, quando é comum os agentes passarem a vez. A Figura 9.6 mostra a interface da versão dois, assinalando o mecanismo de troca que registra débitos e créditos de cada agente do *Grupo de agentes*.

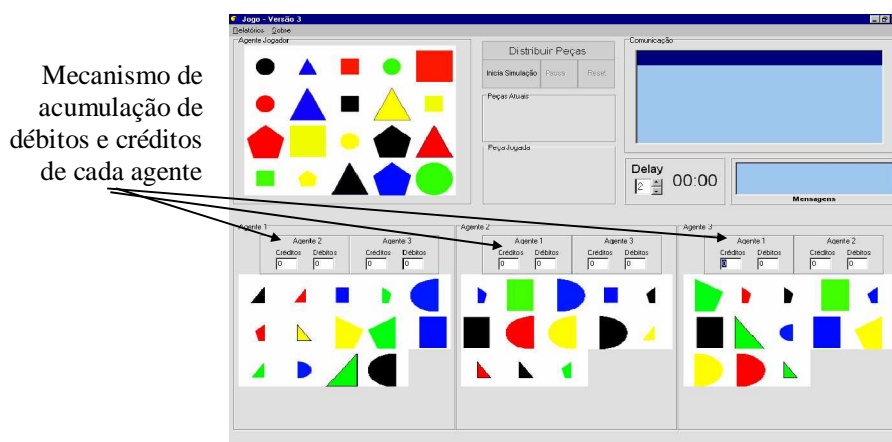


Figura 9.6 – Ilustração da interface da versão dois do JCFG

A coluna B da Tabela 9.5 mostra a síntese dos testes realizados com os agentes individualistas. Comparando com os resultados obtidos na versão um, verifica-se que não houve muitas diferenças. O *Agente Jogador* apresentou apenas duas vitórias a mais do que o *Grupo de Agentes*, o que configura um número pouco significativo.

Esse resultado semelhante ocorreu devido ao equilíbrio do número de peças dos agentes. Nenhum deles se destaca por ter um número expressivamente maior de peças que os

outros. Como todos os agentes da equipe são individualistas, ocorre o equilíbrio, e nenhum deles consegue se destacar por ter uma quantidade maior ou menor de peças que os demais.

A comunicação nessa versão também não foi útil, visto que o pedido para compor uma peça inteira nunca é negado por nenhum agente.

9.4.1.3 Agentes cooperativos contra agente jogador

Na versão três foram implementados agentes com características opostas às dos agentes da versão dois. Os agentes dessa versão são denominados cooperativos, visto que eles assim atuam objetivando levar o grupo mais rapidamente à vitória, independente da vitória individual.

Nessa versão, o agente da vez procura o agente com maior chance de vitória para ser seu parceiro de jogada. Fazendo isso, teoricamente ele estará contribuindo para levar o grupo todo a ter maior chance de vitória, e, eventualmente, com maior rapidez. Para isso, o agente da vez escolhe o agente com o menor número de peças, que muito provavelmente tem a maior chance de ser o vencedor individualmente no contexto do *Grupo de Agentes*, para compor a peça de sua jogada.

Os métodos de escolha do agente caso os parceiros possuam o mesmo número de peças é idêntico ao utilizado na versão dois. A verificação é feita de acordo com o mecanismo de troca de débitos e créditos. Caso este método falhe, o agente jogará com o próximo agente seqüencial a ele. E, caso não possua nenhuma peça que encaixe com as peças presentes no quadro de peças atuais, não há outra solução senão passar sua vez de jogar. A interface desta versão é idêntica àquela mostrada na Figura 9.6 e, por este motivo, não é mostrada nesta seção.

A coluna C da Tabela 9.5 mostra a síntese dos testes realizados. Os resultados apresentaram números semelhantes àqueles das outras versões quando são comparadas as vitórias entre o *Agente Jogador* e o *Grupo de Agentes*. A grande diferença ocorreu nas vitórias individuais dos agentes do *Grupo de Agentes*.

A Tabela 9.5 mostra que o Agente Dois foi vitorioso em uma quantidade de vezes significativamente maior do que os demais. Isto se deve à sua posição privilegiada na seqüência de agentes, bem como ao fato de que a quantidade de peças do Agente Um é maior que a dos demais, inicialmente.

Sempre que o Agente Um vai escolher seu parceiro para jogada, ele segue as regras, procurando o agente com menor número de peças. Caso o número seja igual e o saldo (créditos menos débitos) em relação aos dois outros agentes também seja igual, o agente joga com o próximo agente, seqüencialmente. O Agente Dois é o agente seqüencial ao Agente Um, e isso já é uma vantagem em relação ao Agente Três.

Com o Agente Um tendendo a jogar com o Agente Dois, inicialmente ambos ficam com seus saldos alterados, um em relação ao outro. Isso irá influenciar a jogada do Agente Dois, que terá uma probabilidade maior de jogar com o Agente Um. Jogando com o Agente Um ele tende a deixá-lo com um número de peças semelhante ao do Agente Dois, mas ainda maior que o número de suas peças. O Agente Três irá jogar também o com o Agente Dois, pois ele terá um menor número de peças. A partir da segunda rodada é definido um ciclo, onde os dois agentes, Um e Três, jogam sempre com o Agente Dois, até o final do jogo.

Isso não ocorre algumas vezes, dependendo do sorteio da peça inicial ou da distribuição das peças, que são randômicas e, por isso, não podem ser previstas, mas influenciam no

resultado final. Um caso em que o sorteio da peça inicial influencia essa seqüência de jogadas ocorre quando a peça sorteada é retirada dos agentes Um e Três. Esse caso leva o Agente Um a jogar primeiramente com o Agente Três, porque ele possui um número de peças menor que o Agente Dois. Pelo mesmo motivo, o Agente Dois também joga com o Agente Três. Neste caso os agentes Um e Dois quase sempre levam à vitória o Agente Três.

A quantidade diferente de peças atribuída aos agentes do *Grupo Agentes* (herdada das versões em que jogavam agentes humanos) é um problema no estudo da cooperação entre eles, pois torna o resultado previsível, muito pouco dependente da aleatoriedade das distribuições randômicas de peças. Mesmo com este problema, a cooperação pode ser observada, já que o agente com menos peças, geralmente o Agente Dois, é ajudado pelos demais, que passam a jogar somente com ele, levando-o, juntamente com a equipe, mais rapidamente à vitória.

As versões quatro e cinco corrigem o problema da quantidade diferente de peças para cada agente. Nessas versões, cada agente recebe 14 peças e, na versão quatro, o *Agente Jogador* recebe uma peça a mais, resolvendo o problema descrito. Além disso, para estas versões, optou-se por implementar um mecanismo que viabilize a seleção da característica de cada agente, permitindo, assim, a presença de agentes com diferentes características dentro do mesmo grupo. Esses resultados são mostrados nas próximas duas seções.

9.4.2 Etapa 2: Agentes com características diferentes contra agente jogador

Esta versão também conta com quatro agentes, três compondo o *Grupo de Agentes* e o *Agente Jogador*. Todas as regras também são as mesmas das versões anteriores, em relação a encaixe de peças e finalização do jogo.

Uma das diferenças desta versão em relação às anteriores é a quantidade de peças. Nela foram acrescentadas duas peças ao jogo, de maneira que os agentes dentro do *Grupo de Agentes* ficam com um número igual de peças. Assim, 21 peças são sorteadas ao *Agente Jogador* e as outras 21, divididas ao meio formando 42 peças, são divididas aos agentes do *Grupo de Agentes*. Dessa forma, cada um dos agentes do grupo fica com 14 meias-peças.

As peças acrescentadas foram duas peças já existentes no jogo, de maneira que não foi necessária nenhuma mudança nas regras. O número desigual de peças favorecia as vitórias do Agente Dois em relação aos demais, o que interferia na análise do comportamento dos agentes, já que eles não tinham chances iguais de vitória.

A interface teve que ser ligeiramente alterada para abrigar as novas peças, bem como o mecanismo de escolha e determinação da característica individual dos agentes do *Grupo de Agentes*. Ela é mostrada na Figura 9.7, com destaque para este mecanismo.

A seqüência das jogadas também sofre uma pequena alteração. A forma de escolher o primeiro agente a jogar é igual, pelo sorteio da peça inicial. A diferença é que, no caso do *Agente Jogador* ser o primeiro a jogar, o próximo agente a jogar será sorteado dentro do *Grupo de Agentes*. Nas versões anteriores, o próximo agente a jogar era sempre o Agente Um. O sorteio traz uma melhor distribuição da chance de vitória individual dentro do grupo para seus componentes.

A última mudança da versão quatro é a escolha da característica de cada agente. Nas versões anteriores, essa possibilidade era determinada previamente. Na versão um, todos os agentes do grupo eram *reagentes*, na versão dois todos eram *individualistas*, e, na versão três, todos eram *cooperativos*. Nesta quarta versão, todos os agentes do grupo podem ter suas características escolhidas e determinadas individualmente, de maneira que se pode organizar

um *Grupo de Agentes* constituído, por exemplo, por um agente reagente, um individualista e um cooperativo.

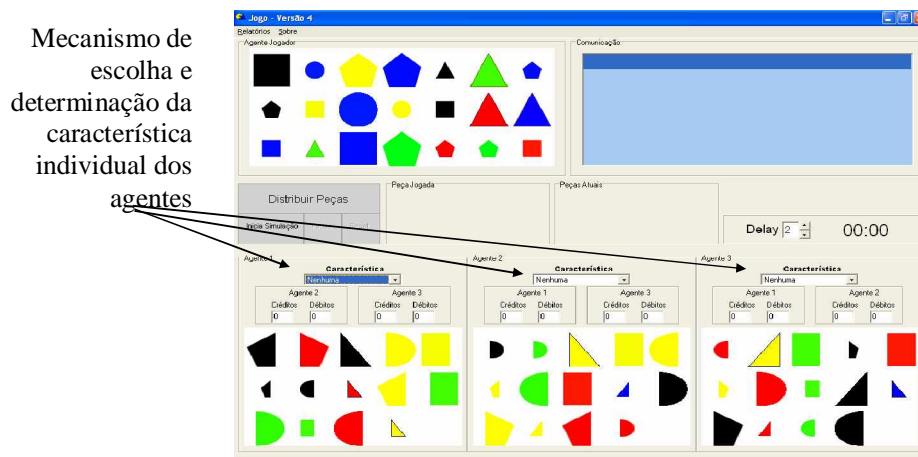


Figura 9.7 – Ilustração da interface da versão quatro do JCFG

A organização de *Grupos de Agentes* formados com agentes de diferentes características também tem a função de atribuir uma utilidade mais prática, neste experimento, à comunicação exercida por eles. Como detectado nos experimentos feitos com as primeiras três versões, a comunicação entre os agentes tinha uma função apenas figurativa. Nesta versão isso foi modificado.

Um exemplo é quando um agente cooperativo e um agente individualista estão na mesma equipe. O agente cooperativo joga considerando a vitória do grupo e, caso ele não tenha as melhores chances de vitória e seja convidado pelo agente individualista a participar da jogada, ele irá recusar o convite, forçando assim o agente individualista a jogar com outro agente. Neste exemplo, o agente individualista seria obrigado a jogar com o agente com melhores chances de vitória. O mesmo ocorre entre agentes reagentes e cooperativos. O agente cooperativo pode recusar um convite do agente reagente para complementar uma peça, caso ele não tenha as melhores chances de vitória.

Nesta versão foram feitos, inicialmente, os mesmos testes realizados com as versões anteriores. O objetivo era o de permitir comparar os resultados obtidos nesta versão com os das versões anteriores. Posteriormente, foram feitos testes com combinações de agentes com diferentes características. A lista a seguir relaciona as equipes e a quantidade de testes realizados para cada um deles:

- 1) Todos reagentes: 30 testes.
- 2) Todos cooperativos: 30 testes.
- 3) Todos individualistas: 30 testes.
- 4) Combinações de características: 10 testes cada uma.

A Tabela 9.6 sintetiza os resultados obtidos com a versão quatro e os compara com os resultados obtidos com as demais três primeiras versões, quando o *Grupo de Agentes* foi constituído com características exclusivas, ou seja, todos reagentes, todos individualistas ou todos cooperativos.

Tabela 9.6 – Síntese e comparação dos resultados dos testes executados com as três primeiras versões e a quarta versão

	Agente Jogador x Agentes Reagentes		Agente Jogador x Agentes Individualistas		Agente Jogador x Agentes Cooperativos	
	Versão 1	Versão 4	Versão 2	Versão 4	Versão 3	Versão 4
Agente Jogador	6	9	8	6	7	9
Grupo de Agentes	21	21	22	22	22	21
Empate	3	9	0	6	1	9
Vitória Agente Um	6	10	5	8	0	10
Vitória Agente Dois	5	5	6	7	20	5
Vitória Agente Três	9	6	10	5	2	6

Os resultados das versões um e quatro, quando o *Grupo de Agentes* foi constituído por agentes reagentes exclusivamente, como mostra a coluna denominada “Agente Jogador x Agentes Reagentes”, foram muito semelhantes. Houve uma pequena diferença no número de vitórias do Agente Um, com um número um pouco maior de vitórias. Isso pode ter sido causado porque o Agente Um na versão quatro tem chances normais de vitória, o que não acontecia na versão um, porque ele possuía mais peças que os demais agentes.

Os resultados das versões dois e quatro, quando o *Grupo de Agentes* foi constituído por agentes individualistas exclusivamente, como mostra a coluna denominada “Agente Jogador x Agentes Individualistas”, ficaram muito semelhantes aos obtidos na versão dois, com agentes individualistas.

Os resultados das versões três e quatro, quando o *Grupo de Agentes* foi constituído por agentes cooperativos exclusivamente, como mostra a coluna denominada “Agente Jogador x Agentes Cooperativos”, apresentaram as mudanças mais significativas. Na versão três, pelos motivos explicados na seção anterior, as vitórias haviam se concentrado no Agente Dois do *Grupo Agentes*. Com as correções realizadas na versão quatro, este problema foi solucionado e as vitórias distribuíram-se uniformemente entre os agentes do grupo. Assim como em todos os testes realizados, o *Grupo de Agentes* conseguiu um número maior de vitórias em relação ao *Agente Jogador*.

A Tabela 9.7 mostra os resultados obtidos com os testes em que foram constituídos *Grupos de Agentes* compostos por agentes com diferentes de características.

Tabela 9.7 – Síntese dos resultados dos testes executados com Grupos de Agentes constituídos por combinações de características

	A	B	C	D
	Com 2 agentes reagentes	Com 2 agentes individualistas	Com 2 agentes Cooperativos	Todos agentes diferentes
Agente Jogador	10	14	7	4
Grupo de agentes	48	45	53	56
Empate	2	1	0	0
Vitórias Agente Um	16	13	19	13
Vitórias Agente Dois	14	16	19	19
Vitórias Agente Três	18	16	15	24

A coluna *A* da tabela 9.7 mostra os resultados obtidos quando o *Grupo de Agentes* foi composto por dois agentes reagentes e outro agente individualista ou cooperativo, alternados em diferentes posições.

Combinando dois agentes reagentes e um individualista, percebeu-se que o agente individualista não obteve grande êxito em sua estratégia de tentar vencer prejudicando seus parceiros, pois ele não obteve uma quantidade expressiva de vitórias sobre eles. Porém, observando os números de vitórias do *Agente Jogador*, pode-se perceber um aumento delas, levando a concluir que a combinação de agentes reagentes e um agente individualista prejudica a equipe de agentes.

Combinando dois agentes reagentes com um agente cooperativo, percebeu-se que o agente cooperativo obtém pequena quantidade de vitórias, já que ele ajuda os agentes reagentes, mas não é ajudado por eles. O número de vitórias do *Agente Jogador* manteve-se estável, como na maioria das execuções.

A coluna *B* da Tabela 9.7 mostra os resultados obtidos quando o *Grupo de Agentes* foi composto por dois agentes individualistas e outro agente reagente ou cooperativo, alternados em diferentes posições.

Combinando dois agentes individualistas e outro agente reagente, este último obteve um número significativamente inferior de vitórias sobre seus parceiros. Ele foi atrapalhado pelos agentes individualistas. Suas vitórias aconteceram apenas devido aos sorteios iniciais e a algumas peças jogadas durante o jogo que o acabaram favorecendo.

Combinando dois agentes individualistas e outro agente cooperativo, pode-se perceber que o agente cooperativo é prejudicado nesta formação. O seu comportamento o induz a sempre ajudar seus parceiros, enquanto seus parceiros consideram apenas seus próprios interesses. Isso levou o agente cooperativo a não obter nenhuma vitória nestes testes, enquanto os dois agentes individualistas se alternavam nas vitórias. Apesar dessa disputa individual dos agentes dentro do próprio grupo, isso não o prejudicou, visto que a quantidade de vitórias do *Agente Jogador* continuou muito baixa.

A coluna *C* da Tabela 9.7 mostra os resultados obtidos quando o *Grupo de Agentes* foi composto por dois agentes cooperativos e outro agente reagente ou individualista, alternados em diferentes posições.

Com base nestes resultados, pode-se notar que o agente que joga com outros dois agentes cooperativos acaba sendo obrigado a agir como um agente cooperativo. Isso ocorre porque o agente cooperativo se nega a participar de jogadas que não privilegiem o agente com menor quantidade de peças, supostamente o agente com maiores chances de vitória, dentro do *Grupo de Agentes*. Ele não deixa, portanto, outra opção senão o agente (individualista ou reagente) jogar com o agente com menor quantidade de peças.

Os resultados destes testes expressam, portanto, resultados que teriam uma equipe formada somente por agentes cooperativos. A distribuição de vitórias dentro da equipe de agentes não está relacionada à característica do agente, ficando dependente apenas dos sorteios iniciais. Como em outros casos, as equipes de agentes obtiveram um número muito superior de vitórias do que o *Agente Jogador*.

A coluna *D* da Tabela 9.7 mostra os resultados obtidos quando o *Grupo de Agentes* foi composto por um agente reagente, um individualista e um cooperativo, alternados em diferentes posições.

Pode-se perceber, com estes testes, uma diminuição da quantidade de vitórias do *Agente Jogador* (apesar de ser baixa em todas outras versões). Observou-se que o agente cooperativo

quase não obtém vitórias individuais, mas acaba alcançando seu objetivo, que é o de levar sua equipe à vitória. As vitórias acabam sendo disputadas entre os agentes reagentes e individualistas, sendo que os agentes individualistas levam uma pequena vantagem em relação aos reagentes.

Esses últimos resultados sugerem que a melhor configuração de agentes para atuar contra o *Agente Jogador* seria um *Grupo de Agentes* constituído por representantes de todas as características. Isso leva a concluir que é salutar uma pequena porção de individualismo dentro do *Grupo de Agentes*.

Ao contrário das expectativas iniciais, todos os agentes sendo cooperativos, isto acaba levando a um equilíbrio no número de suas peças, acarretando uma maior demora para que o grupo chegue à vitória, o que aumenta as chances do *Agente Jogador*.

Conclui-se que, para chegar a uma equipe melhor ainda, seria necessário acrescentar outros mecanismos de inteligência ao funcionamento dos agentes. Um deles seria algum tipo de tentativa de dedução das peças do adversário, que possibilitaria escolher mais adequadamente a peça a ser jogada. Outro seria um mecanismo que controlaria o descarte de peças de maneira que o número de cores e peças ficasse o mais equilibrado possível, contribuindo para que o agente passasse a vez o mínimo possível.

9.4.3 Etapa 3: confronto entre duas equipes de agentes

A versão cinco conta com seis agentes divididos em dois grupos: o Grupo Claro e o Grupo Escuro. A interface desta versão pode ser observada na Figura 9.8. Como pode ser notado, o Grupo Claro fica na parte superior da tela e o Grupo Escuro fica na parte inferior dela.

Esta versão segue as mesmas regras das versões anteriores, em relação a encaixe de peças e finalização do jogo. A distribuição entre os agentes também ocorre de maneira que nenhum agente fica com duas metades da mesma peça, como nas versões anteriores. As correções realizadas na versão quatro com relação ao número de peças, escolha do primeiro agente da equipe e escolha de característica de cada agente também estão presentes nesta versão.

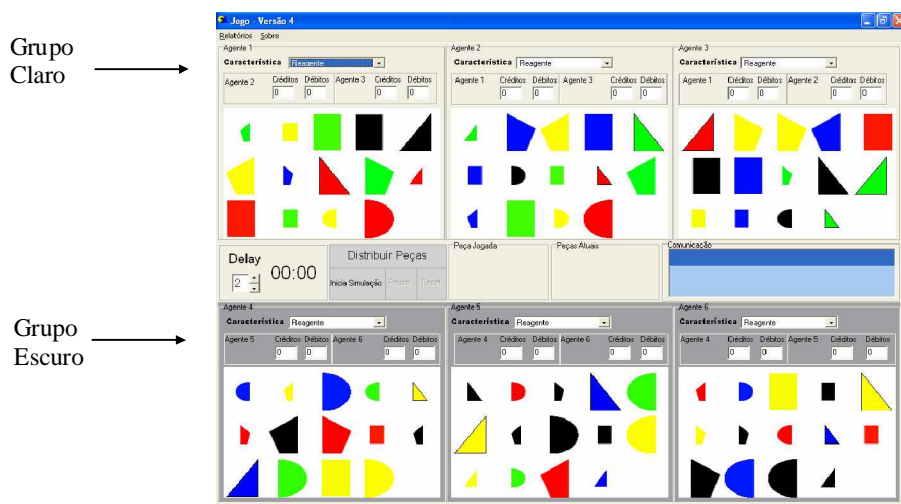


Figura 9.8 – Ilustração da interface da versão cinco do JCFG

A principal diferença na versão cinco é a substituição do *Agente Jogador* por um *Grupo de Agentes*. Assim, as jogadas são alternadas entre as duas equipes, uma vez cada uma, seguindo todas as regras que já eram aplicadas às versões anteriores, como passar a vez e escolha do primeiro agente a jogar. Sobre esta versão foram realizadas 30 execuções do jogo com cada uma das seguintes formações:

- 1) Agentes Cooperativos x Agentes Individualistas.
- 2) Agentes Cooperativos x Agentes Reagentes.
- 3) Agentes Reagentes x Agentes Individualistas.

A Tabela 9.8 mostra os resultados obtidos com os testes em que foram constituídos dois *Grupos de Agentes* com combinações diferentes de características.

Tabela 9.8 – Síntese dos resultados dos testes executados com dois Grupos de Agentes constituídos por diferentes características

	Cooperativos x Reagentes	Cooperativos x Individualistas	Reagentes x Individualistas
Placar	20 x 10	22 x 8	14 x 16

A Tabela 9.8 mostra o placar de 20 a 10, nas partidas realizadas quando um dos *Grupos de Agentes* foi composto por agentes cooperativos e outro por agentes reagentes.

O resultado para os agentes reagentes não foi ruim, já que eles não têm o objetivo da vitória, individual ou da equipe. O agente reagente joga a primeira peça que encontra, e seu único objetivo é descartar uma peça sempre que possível. Nestas partidas, os agentes cooperativos tiveram um melhor desempenho.

A Tabela 9.8 mostra o placar de 22 a 8, das partidas realizadas quando um dos *Grupos de Agentes* foi composto por agentes cooperativos e outro por agentes individualistas.

Há, portanto, uma grande vantagem no número de vitórias dos agentes cooperativos sobre os individualistas. Isso indica que o mecanismo de cooperação alcança consideravelmente seu resultado ao levar a equipe, sempre que possível, à vitória.

O mecanismo de individualismo, quando aplicado a todos os agentes da equipe, não consegue alcançar seu objetivo, de levar cada agente à vitória. Neste caso, todos os agentes tentam atrapalhar os companheiros da própria equipe. Isso acaba levando a um equilíbrio no número de peças dos agentes e retardando a possível vitória do grupo, dando maior possibilidade de vitória ao grupo adversário.

A Tabela 9.8 mostra o placar de 14 a 16, nas partidas realizadas quando um dos *Grupo de Agentes* foi composto por agentes reagentes e outro por agentes individualistas.

Estes resultados apresentam um número equilibrado de vitórias para cada equipe, e provam, mais uma vez, que a tática individualista não tem êxito quando aplicada aos agentes de toda a equipe.

9.5 Considerações sobre os experimentos

Antes de tecer comentários sobre os experimentos relatados neste capítulo, cabe retomar o objetivo geral do trabalho de tese, que é o de interpretar a cooperação humana no contexto da

Epistemologia Genética visando empregá-la enquanto fundamento teórico para definir um conjunto de requisitos para agentes e sistemas multiagente.

Particularmente interessam a este capítulo as questões relacionadas não apenas à definição de um conjunto de requisitos para agentes e sistemas multiagente a partir das noções sobre a cooperação humana, mas à sua verificação prática. Ou seja, esses requisitos foram definidos (e descritos no capítulo seis) e utilizados (inicialmente com versões menos refinadas do que aquela que constitui o RePiarq) na modelagem das versões do JCFG que foram implementadas.

Também foi mencionado que o principal diferencial do RePiarq é que justamente ele possui suas raízes em uma teoria, a Epistemologia Genética, que é dedicada a explicar como o conhecimento é construído, considerando desde o nascimento até a idade adulta, e, como tal, oferece um referencial teórico significativo e rico no contexto particularmente da Inteligência Artificial. Este referencial foi utilizado para melhor compreender a cooperação na ação com vistas a empregar e adaptar essas noções na definição do RePiarq, e, conseqüentemente, no desenvolvimento de sistemas multiagente.

Além disso, identificou-se a importância de considerar valores quando do desenvolvimento de sistemas multiagente, fato que, até o momento, a literatura da área deixa claro, não tem sido alvo de muitos estudos e pesquisas. É, portanto, estes dois aspectos que se quer enfatizar nos próximos comentários que dizem respeito aos experimentos descritos neste capítulo: o aspecto da cooperação e o dos valores.

9.5.1 Com relação à cooperação

Nos experimentos realizados, efetivamente foi possível construir e observar agentes computacionais cooperando na ação, no sentido de Piaget. Note-se que, para ele, cooperar é operar em comum. E em todos os experimentos a cooperação aconteceu, ou seja, em todos eles os agentes necessariamente tiveram que cooperar para que as partidas fossem realizadas.

Independentemente das características dos agentes, quer reagentes, individualistas ou cooperativos, eles necessariamente tiveram que operar em comum para elaborar suas jogadas, incluindo o *Agente Jogador*, que também cooperou na ação de concluir as partidas.

Quanto a aspectos internos do processo de cooperação, já detalhados no capítulo sete (em especial na Seção 8.2.4), foi possível acompanhar:

- 1) As operações identificadas por Piaget como sendo decorrentes e constitutivas da cooperação: operações semelhantes que se correspondem por suas características comuns; operações recíprocas ou simétricas; operações complementares; operações de medida.
- 2) As propriedades fundamentais das operações anteriores: a composição, reversibilidade, idêntica geral, idêntica especial e associatividade.

As operações de classificação e relação, portanto, mesmo em as empregando em um domínio bastante específico e limitado, foram utilizadas pelos agentes em suas ações. Sendo assim, pode-se dizer que os objetivos do trabalho de tese foram contemplados, ou seja, foi possível, através de uma interpretação da cooperação humana, estendê-la para agentes computacionais. O que ainda se quer assinalar, porém, diz respeito à motivação da cooperação, que está ligada aos valores.

9.5.2 Com relação a valores

O levantamento bibliográfico que foi possível fazer para este trabalho de tese, especialmente relacionado à obra piagetiana, mostrou a importância da cooperação para o desenvolvimento do ser humano.

Em síntese, para que a cooperação se efetive, ela exige que sejam coordenados, de maneira coerente e lógica, os pontos de vista presentes neste tipo de interação. Além disso, essas interações devem ser sustentadas pela reciprocidade e pela autonomia entre e dos participantes. Esta coordenação acaba por constituir um sistema de operações, um agrupamento, onde estão presentes caracteres de afetividade, que são operáveis, assim como todas as outras operações que a compõem. Quanto à operatoriedade dos valores, que compõem a afetividade, ela influencia na organização dos interesses e da vontade, que contribuem para uma melhor integração do indivíduo ao meio em que vive (PIAGET, 1980, p. 56). Especialmente por estes motivos, os valores são questões importantes tanto no âmbito da cooperação quanto no das operações individuais.

Esta compreensão impulsionou o desenvolvimento dos experimentos com agentes computacionais relatados neste capítulo. Como já apontado, apesar de empregar um domínio bastante específico e limitado, e apesar dos diversos recortes necessários à modelagem dos agentes, em os comparando com agentes humanos, pelo menos uma consideração importante pode ser feita. Diz respeito à compreensão sobre a possibilidade de operar logicamente com valores e a importância destes na conduta do indivíduo.

Esta compreensão se manifesta nesses experimentos, pela atribuição de características aos agentes (reagentes, individualistas ou cooperativos) em uma tentativa de sintetizar o significado da escala de valores desses agentes, o que influenciou de modo importante em suas ações.

A questão que se coloca é, portanto, identificar a melhor abordagem para lidar com valores, no sentido que lhes dá Piaget, e a aplicar a sistemas multiagente. Esta questão não é trivial. Ela está relacionada a outras como, por exemplo, o processo de aquisição e escalonamento de valores, sua implicação nos diferentes papéis que o agente pode desempenhar, as decisões que toma, e as avaliações que faz.

Semelhantemente ao que diz Castelfranchi sobre a autonomia ilimitada dos agentes, o mesmo é válido para a ilimitada constituição e organização de escalas de valores feita pelo agente. Esse agente seguiria a sua própria agenda, e não serviria a ninguém além dele mesmo. Portanto, senão tudo, muito ainda precisa ser pesquisado no que tange ao emprego de valores no trabalho com agentes computacionais.

Por fim, mesmo sendo impróprio fazer correlações entre as observações feitas com agentes humanos (capítulo sete) e aquelas decorrentes dos experimentos feitos com os agentes computacionais relatadas neste capítulo, uma delas precisa ser feita. Chama a atenção o fato de que, também com os agentes computacionais, a constituição do grupo que melhor se saiu na disputa foi aquele composto por agentes de diferentes características. Ou seja, a diversidade contribui para o sucesso do grupo.

Foi esta possibilidade de análise reversa, ou seja, partir da pesquisa com agentes computacionais e utilizá-la para a pesquisa com agentes humanos, que levou à organização do próximo capítulo, que trata de princípios para um processo de modelagem de trabalhos em equipe.

10 Primeiros princípios de um processo de modelagem de trabalhos em equipe

O objetivo deste capítulo é introduzir e discutir alguns princípios de um processo de modelagem de trabalhos em equipe, que incluem desde a proposição até o acompanhamento deles. Trata-se de uma proposta preliminar que visa apoiar proponentes e executores em atividades que sejam realizadas por equipes, e, em especial, quando estas desenvolvem trabalhos pedagógicos.

A título de organização, esses primeiros princípios foram reunidos em um roteiro e este roteiro foi estruturado em três etapas: uma quando do planejamento do trabalho em equipe, outra quando da constituição das equipes, e outra quando do término dos trabalhos.

A principal constatação que motivou a listagem e organização destes primeiros princípios (não constante da proposta de tese), doravante denominados simplesmente de *roteiro*, foi o fato de que a revisão bibliográfica mostrou que existem os mais diferentes tipos de trabalhos em grupos, e, como tal, apresentam uma maior ou menor variedade de variáveis que, muitas vezes, acabam por não ser levadas em conta, tanto por proponentes quanto por executores, talvez por serem consideradas como de senso comum.

Exemplos deste fato, e citando apenas trabalhos cuja fundamentação teórica também decorre da Epistemologia Genética, são as obras de Constance Kamii e Rheta DeVries (1980), Anne Nelly Perret-Clermont (1987), Maria Lucia Faria Moro (1987), e Maria do Carmo Monteiro Kobayashi (2001).

Constance Kamii e Rheta DeVries organizaram uma obra em que tratam dos jogos como uma atividade importante para a criança, especialmente porque viabilizam o exercício de suas atividades, bem como de sua vida social. São apresentadas sugestões para a variação e novas concepções de oito tipos de jogos, e é dada especial importância para jogos em grupo (KAMII; DEVRIES, 1980).

Anne Nelly Perret-Clermont estudou o papel da interação social entre crianças no desenvolvimento do conhecimento. O sucesso das atividades propostas a pequenos grupos é explicado pelo “conflito sócio-cognitivo”, que constitui o grau “ótimo” de divergências entre as opiniões dos componentes, o que lhes provoca novas coordenações de esquemas, a partir de pontos e vista diferentes (PERRET-CLERMONT, 1987).

Tanto Maria Lucia Faria Moro (1987) quanto Maria do Carmo Monteiro Kobayashi (2001) trabalharam com grupos de crianças, a primeira focando a construção da geometria, e a segunda, a interação social entre elas.

O que esses trabalhos têm em comum, inclusive com o presente, é o fato de que utilizaram grupos de crianças para estudar ou propor interações do tipo sujeito/sujeito. Apesar disso, tanto na sugestão de trabalhos em grupos para fins pedagógicos quanto em sua utilização enquanto objeto de pesquisa quando se pretende efetuar análises de aspectos cognitivos particulares (a exemplo do que fazia Piaget, e o que geralmente fazem aqueles que nele se inspiram), nota-se que não há uma estruturação detalhada sobre as atividades conjuntas. Ou seja, há planejamento, mas não a preocupação de explicitar características da constituição e do trabalho das equipes, tais como as regras utilizadas (para além daquelas previstas nas atividades), os valores em jogo, a linguagem e os sinais empregados, os compromissos assumidos, a autonomia dos participantes, os papéis que exercem, a dinâmica das trocas, etc.

Uma exceção a esta prática é encontrada em “O Juízo Moral na Criança”, que parece ser a única obra de Piaget na qual ele trabalhou com grupos de crianças. Nela, Piaget parte de entrevistas com alunos de escolas de Genebra e Neuchâtel especialmente sobre problemas morais, mas também sobre representação do mundo e causalidade. Um de seus objetivos era o de identificar a noção de “respeito à regra” do ponto de vista da criança. Por este motivo estudou e analisou as regras do jogo social, visto serem elas obrigatórias para a consciência do jogador honesto. Estudou e analisou também os princípios provenientes das relações entre crianças (PIAGET, 1994).

Apesar deste objetivo específico, Piaget preocupou-se com questões como as regras do jogo, o respeito a elas, a autonomia dos participantes (as regras foram elaboradas apenas por crianças), as relações entre as crianças, o ambiente onde as atividades foram desenvolvidas, a linguagem e os sinais utilizados, as características de cada grupo, incluindo individuais, os valores envolvidos, etc. Porém, estas e outras informações estão dispersas pelo texto e podem até passar despercebidas. Mas, para alguém que queira propor ou utilizar grupos de trabalho, elas são relevantes, e fazem parte do roteiro proposto neste capítulo.

A proposição deste roteiro decorre também do fato de que o presente trabalho mostrou que a pesquisa sobre agentes computacionais pode contribuir para a explicitação dessas informações, visto que, ao modelar um sistema em que diversos agentes devem interagir e em diversas ocasiões, cooperar entre si, é preciso que se tenha resposta a elas, implícita ou explicitamente. E, por entender que elas são igualmente importantes para a compreensão e acompanhamento do processo do trabalho em equipe, e por isso mesmo, na medida do possível, devem ser explicitadas, é que se está fazendo a presente discussão, ainda que preliminar.

Portanto, este roteiro foi construído partindo da área de sistemas multiagente (computacional) tendo em vista o trabalho pedagógico desenvolvido por agentes humanos (educacional). Desta maneira foi possível estabelecer uma relação triangular: partir das informações da Epistemologia Genética (EG), interpretá-las e aplicá-las a agentes computacionais (AG) e, a partir deles, fazer inferências quanto à proposição e acompanhamento de trabalhos em equipes. A Figura 10.1 ilustra esta relação

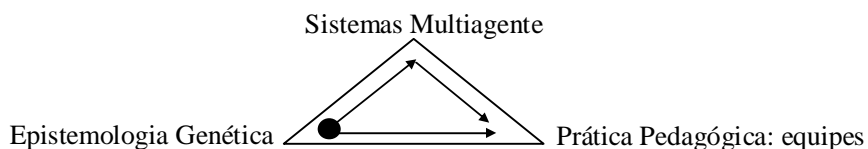


Figura 10.1 - Relação EG, AG e equipes de trabalho

Antes de avançar, a seguir são feitas algumas colocações quanto a conceitos e posicionamentos teóricos, a começar pelo fato de que existe diferença entre os conceitos de *grupo* e *equipe*. Entende-se, por grupo de trabalho, o conjunto de dois ou mais indivíduos que estão unidos por algum motivo (MARTINS, R., 2005). Ainda para este mesmo autor, equipe é o conjunto de dois ou mais indivíduos que têm objetivos em comum, trabalham para o mesmo propósito e, por este motivo, geralmente cooperam entre si.

Carlos Piancastelli e colaboradores qualificam ainda mais o significado do trabalho em equipe. Para eles, equipe é o conjunto “[...] de pessoas com habilidades complementares, comprometidas umas com as outras pela missão comum, objetivos comuns (obtidos pela

negociação entre os atores sociais envolvidos) e um plano de trabalho bem definido.” (PIACASTELLI; FARIA; SILVEIRA, 2005). Note-se que, por este conceito, reconhece-se, em uma equipe, a diversidade de conhecimentos e habilidades de seus integrantes, o que possibilita que se complementem e enriqueçam conjuntamente, contribuindo para que as chances de sucesso de seu trabalho sejam maiores. Por este conceito se identifica a existência de um plano sobre como alcançar os objetivos definidos pela equipe.

Outra questão, também apontada por esses autores, é que se tem agregado, à noção de trabalho em equipe, a idéia de que, no processo de desenvolvimento de suas atividades em busca de seus objetivos, seus componentes devem criar as condições necessárias para o crescimento, tanto individual quanto do próprio grupo.

Por sua vez, Piaget utiliza em francês o termo “*équipe*”, cuja tradução para o português é *equipe* ou *time*. Particularmente em seu artigo “O trabalho por equipes na escola” (PIAGET, 1996), ele discorre sobre as origens deste tipo de trabalho, os motivos para utilizá-lo em atividades pedagógicas, dentre outros assuntos interessantes. O que se quer frisar aqui é a maneira como Piaget julga que ele deva ser conduzido. E é este aspecto que se quer relacionar com o conceito de equipe dado por Piancastelli e colaboradores.

Para Piaget, o trabalho em equipe deve ser conduzido através do denominado *método ativo*. O método ativo é aquele que confere grande importância ao trabalho de pesquisa “[...] exigindo-se que toda verdade a ser adquirida seja reinventada pelo aluno, ou pelo menos, reconstruída e não simplesmente transmitida.” (PIAGET, 1973a, p. 18).

Ele afirma ainda, neste mesmo texto, que o proponente deste tipo de atividade deve criar situações iniciais capazes de suscitar problemas úteis aos participantes. Deve organizar contra-exemplos que os conduza à reflexão e os estimule à pesquisa e ao esforço. Quanto ao esforço, Piaget afirma que

[...] o interesse não exclui de forma alguma o esforço. Muito pelo contrário. É que uma educação que prepara para a vida não consiste em substituir os esforços espontâneos pelos esforços feitos com ajuda, porque se a vida implica uma parte não negligenciável de trabalhos impostos ao lado de iniciativas mais livres, as disciplinas necessárias permanecem mais eficazes quando livremente aceitas sem este acordo interior. Os métodos ativos não levam, de forma alguma, a um individualismo anárquico, mas, principalmente quando se trata de uma combinação de trabalho individual e do trabalho por equipes, a uma educação da autodisciplina e do esforço voluntário. (PIAGET, 1998, p. 74-75).

O proponente do trabalho em equipe, ainda segundo Piaget, deve conduzir seus executores a ultrapassar as fronteiras dos observáveis a fim de elaborarem composições de produções, visto que o fundamental não é apenas o fenômeno ou o observável, mas a estrutura subjacente que pode ser *reconstruída* por dedução. Deve orientar no sentido de que os participantes tomem consciência das questões centrais dos temas abordados, uma vez que, dada a complexidade do conhecimento humano acumulado, seria totalmente impróprio esperar que os participantes elaborassem por si sós, com exatidão, tais conhecimentos.

Defende que o proponente planeje seu trabalho de modo interdisciplinar, ou seja, que cada especialidade ou disciplina deva ser abordada de maneira que generalize suas estruturas particulares e as aplique em situações englobando outras disciplinas. O proponente deve, portanto, sem negligenciar o campo de sua especialidade, orientar o estudante a perceber, de maneira continuada, as relações existentes entre as disciplinas.

Ora, se essas são, do ponto de vista de Piaget, as condutas esperadas por parte do proponente de trabalhos em equipe, quais são as condutas esperadas por parte da equipe? Uma

das respostas parece ser aquela dada por Piancastelli e colaboradores, corroborada através dos experimentos práticos realizados com pré-adolescentes descritos no capítulo sete.

Esses autores identificam que os indivíduos componentes de equipes geralmente têm conhecimentos e habilidades que, mesmo sendo diferentes (provenientes de áreas diferentes), as utilizam complementarmente. Que estejam efetivamente comprometidos com os mesmos objetivos, mas que esses objetivos não sejam simplesmente impostos, mas debatidos, negociados e, enfim, assumidos por todos. E que, também juntos, definam e sigam planos para atingir tais objetivos.

Assim, assumindo que os proponentes de trabalhos em equipe tenham conhecimento, motivação e esforço para conduzir trabalhos desta natureza, aos moldes do que foi exposto, que o grupo se concretize em termos de uma equipe, e levando em conta os estudos e experimentos realizados neste trabalho, elaborou-se esta proposta de roteiro, que objetiva apoiar uns e outros em atividades pedagógicas.

Com respeito aos elementos utilizados para sua elaboração, eles decorrem, em grande parte, da pesquisa sobre agentes computacionais e sistemas multiagente, e do conjunto de requisitos piagetianos para uma arquitetura para agentes computacionais, o RePiarq, discutido no capítulo seis, cujos pontos relevantes são retomados a seguir.

10.1 O RePiarq na concepção do roteiro

Como apresentado no capítulo seis, os requisitos piagetianos para uma arquitetura para agentes computacionais e sistemas multiagente, o RePiarq, envolvem percepção, memória, tendências, vontade, compromissos, interesse, regras, valores e sinais, sociais e individuais, cognição e planos.

Esses elementos constituem os agentes computacionais que foram assim concebidos fundamentados na Epistemologia Genética. Ora, esses mesmos elementos são válidos para agentes humanos que, semelhantemente, atuam em seus ambientes, modificando-os e sendo modificados por eles. Dentre essas atuações estão aquelas do tipo sujeito/sujeito. Em interações deste tipo, é preciso que um certo conjunto inicial de trocas (verbais, operacionais) seja realizado para que as avaliações, de parte a parte, sejam possíveis.

Trata-se de avaliações qualitativas, nas quais os indivíduos empregam particularmente suas escalas de valores pessoais a fim de se situarem quanto às possibilidades de realização de atividades com os demais indivíduos envolvidos naquela interação. Feitas estas avaliações, cada indivíduo pode desempenhar um papel naquela interação, o que significa ajustar sua escala de valores pessoais àquela situação em particular, ou àquele papel.

Por outro lado, durante o processo de desenvolvimento de um trabalho em equipe, além deste processo inicial de trocas, normalmente ocorrem outras trocas, as trocas de serviços. Isto viabiliza novas situações, que propiciam avaliações e modificação em termos de conhecimento e de estruturas cognitivas (incluindo os valores pessoais), se for o caso.

Enfim, os fundamentos da Epistemologia Genética foram utilizados, neste trabalho, como suporte teórico para compreender como dois ou mais indivíduos realizam interações, em particular as interações que podem ser denominadas cooperativas, e a partir daí propor o RePiarq. Por outro lado, os fundamentos da pesquisa em agentes computacionais e o RePiarq são utilizados tendo como foco a realização de trabalhos em equipe, com agentes humanos. Sendo assim, alguns tópicos são retomados sob esta perspectiva e comentados a seguir.

10.1.1 As noções de cooperação

Neste trabalho se priorizou a cooperação na ação, que é a alternância ou sincronização de operações, e o que se está propondo neste roteiro pode envolver também a cooperação no pensamento. Note-se que tanto agentes computacionais quanto agentes humanos podem cooperar na ação, até mesmo sem empregar recursos de comunicação, pré-requisito para a cooperação no pensamento. São as construções teóricas conjuntas que decorrem da cooperação no pensamento, e, portanto, requerem a estrutura cognitiva operatório-formal e o domínio de uma linguagem.

Está-se considerando que este roteiro pode ser útil para a proposição e acompanhamento de trabalhos feitos por equipes de seres humanos, cujos integrantes tenham atingido, pelo menos, o estágio final do período das operações concretas, etapa em que operações com proposições já são empregadas. Nesta etapa, os indivíduos já construíram suas escalas de valores pessoais, e são mais ou menos capazes de adaptá-las para aquele momento sincrônico, possuem diversas habilidades e conhecimentos, são fluentes em uma língua, e são capazes de realizar as operações necessárias previstas neste roteiro.

Como apontado por Rizzi, Costa e Franco, dadas as características dos seres humanos, que através da linguagem elaboram construções sobre construções, a cooperação no pensamento tem uma importância operacional básica, visto que é através dela que o grupo se organiza, toma decisões, sistematiza ações, etc. E são essas produções que dão sustentação ao desenvolvimento conjunto de materiais, que implica a cooperação na ação (RIZZI; COSTA; FRANCO, 2004). E o desenvolvimento de materiais é uma atividade bastante comum associada ao trabalho em equipe.

10.1.2 As noções de regras, valores e sinais

Um trabalho em equipe é compreendido como composto por integrantes que, por um certo período de tempo, constituem uma sociedade. Esta sociedade é regida por regras, valores e sinais. As regras definem as obrigações do indivíduo para com os demais integrantes da equipe e para com a própria sociedade constituída por ela. Os valores são noções qualitativas, fontes de interesses e de elementos que permitem a avaliação de atividades. Os sinais são os elementos que viabilizam a expressão na sociedade. Durante o processo de interação, regras, valores e sinais decorrem e dão suporte às discussões, negociações e deliberações dos participantes.

Desses três elementos, regras e sinais são aqueles de mais fácil definição, compreensão e modelagem. Os valores, também entendidos como constitutivos dos interesses, são elementos muito mais subjetivos e, por isso mesmo, são mais difíceis de serem expressados. Mas sua importância é tal que influenciam radicalmente nas ações que o indivíduo realiza e nas decisões que toma. Em ambos esses casos, estão em jogo os valores pessoais, de onde decorrem as avaliações e seu maior ou menor interesse (motivação) para o trabalho, e os valores de troca, provenientes das trocas de serviços. Quanto aos valores de troca, eles são apresentados na próxima seção.

Então, por reconhecer a importância de regras, valores e sinais em uma equipe, para a realização deste roteiro, oportunizou-se que seus membros discutam e definam sobre quais regras, valores e sinais devam ser respeitados e praticados por eles. Esta questão é retomada a partir da Seção 10.2.

10.1.3 As noções de trocas de serviços

As trocas realizadas pelos membros das equipes durante a execução de um trabalho conjunto são entendidas como sendo serviços que eles se prestam mutuamente. Essas trocas são subjetivas, e elas ocorrem com maior frequência quando da realização das atividades previstas para serem executadas durante a realização do trabalho propriamente dito, visto que ficam evidenciadas as ações que cada membro executa, e as relações dessas ações com o conjunto total do trabalho e das pessoas envolvidas.

É o caso, em um primeiro momento, em que um indivíduo presta um *serviço* para outro, e este fica em *dívida* para com ele pelo serviço realizado. Em um segundo momento, este segundo indivíduo tendo *reconhecido* sua dívida para com o primeiro, lhe retribui de maneira equivalente, e ambos ficam satisfeitos.

As trocas de serviços não constam, porém, do roteiro proposto, em vista de sua alta subjetividade e dinamismo. Assume-se que elas são realizadas e que os próprios membros da equipe, conscientes ou não, atuam no sentido de buscarem seu equilíbrio. No entanto, oportunizou-se, através do roteiro, que os membros da equipe, individualmente, possam relatar as atividades desenvolvidas por ela através de um memorial. Este relato é entendido, no contexto do roteiro proposto, como uma síntese das principais trocas realizadas dentro da equipe. Esta questão é retomada na Seção 10.2.3.

Em trabalho recente, ainda não publicado, Rocha Costa vislumbra a possibilidade de construir um Sistema de Suporte à Avaliação da Cooperação, a ser agregado em ambientes virtuais cuja função é dotar seus usuários com informações que contribuam para que possam avaliar o processo de cooperação suportado pelo ambiente (COSTA, 2005). Dentre outros aspectos discutidos naquele artigo, Rocha Costa sugere que este sistema disponibilize um subsistema de entrada de valores, através do qual os usuários que nele interagem registrem suas avaliações das etapas de troca que realizam.

Esta pode ser uma solução para esta questão de fazer constar explicitamente as trocas de serviços, viabilizando sua valoração por parte dos que integram um trabalho conjunto. Ela não foi devidamente explorada neste trabalho, visto que o roteiro aqui proposto visa, inicialmente, abrir discussões a respeito de trabalhos em equipe. Dentre essas discussões certamente está esta possibilidade proposta por Rocha Costa, visto que se considera também a integração futura deste roteiro a sistemas virtuais.

10.1.4 As noções sobre agentes computacionais

Em situações em que há a proposição de trabalho em equipe, se pode relacionar algumas características e associá-las à pesquisa sobre agentes computacionais. O objetivo desta associação é evidenciar que, na realização de trabalhos em equipe, estão presentes, pelo menos, as mesmas variáveis necessárias para construir um sistema computacional multiagente. No entanto, a revisão bibliográfica (comentada na próxima seção) mostrou que essas variáveis não têm recebido a mesma atenção dispensada aos sistemas computacionais, quando se trata de um trabalho conjunto entre agentes humanos.

É interessante notar que, apesar de muitas destas características terem sido inspiradas em agentes humanos, ao que parece, até então, ainda não tinha sido feito um trabalho no sentido de fazer o inverso, ou seja, retomar essas mesmas características, muitas vezes difíceis de serem implementadas em agentes computacionais, e empregá-las para o estudo e a pesquisa com grupos e equipes de agentes humanos. Esta associação pode ser feita considerando os seguintes tópicos:

1) Quanto aos tipos de sociedades

Na pesquisa sobre agentes computacionais, dependendo dos propósitos de uma sociedade de agentes, ela apresenta, em maior ou menor grau, as propriedades de abertura, flexibilidade, estabilidade e confiança. São essas propriedades que definem se uma sociedade é aberta (sem restrições quanto ao ingresso de participantes), fechada (o ingresso de participantes não é permitido), semi-aberta ou semi-fechada (nas primeiras, os agentes rodam localmente e, nas últimas, remotamente).

No caso do trabalho em equipe com agentes humanos, pode-se dizer que, além de outras, essas propriedades também estão presentes, bem como suas restrições quanto ao ingresso de novos participantes.

Identificar o tipo de sociedades em trabalhos em equipe com agentes humanos é interessante porque o proponente pode intervir, conforme seu planejamento, mantendo-a ou alterando-a. Equipes que já trabalham juntas optam por assim continuarem quando a experiência anterior foi produtiva (neste caso, tanto os valores pessoais quanto os valores de troca apresentam histórico). Equipes recém-formadas tendem a demorar mais para produzirem em conjunto, uma vez que precisam de um certo tempo adicional para que os valores pessoais sejam socializados e as trocas de valores efetivamente se iniciem.

2) Quanto às formas de organização

Os agentes humanos podem se organizar de diversas maneiras, mas, em relação às formas de organização dos agentes computacionais, pode-se dizer que os agentes humanos também podem se organizar em hierarquias, holarquias, coalizões, equipes, congregações, sociedades, federações, matrizes organizacionais e combinação de organizações, entre outras (como apresentado no capítulo cinco).

Em trabalhos em equipe com agentes humanos, diversas e simultâneas formas de organização podem ocorrer. Há sempre um tipo de organização que não varia, na qual estão presentes três tipos de relações. São as relações entre os membros do grupo total de agentes, as relações entre os componentes da equipe e as relações entre os componentes das equipes e os proponentes.

Atentar para como se dão estas relações em trabalhos com equipes é interessante, porque é uma das maneiras de conhecê-las e acompanhá-las.

3) Quanto a papéis e normas

Também dependendo da forma de organização e do trabalho a ser realizado, os agentes podem assumir diferentes papéis. Em trabalhos em equipe, pode-se dizer que existem pelo menos três papéis: de proponentes, de executores, e de membros da equipe. Esses dois últimos papéis são executados simultaneamente pelos membros da equipe. Trata-se de papéis diferenciados, visto que caracterizam as relações com os proponentes, e as relações entre os próprios membros da equipe. Em se tratando das primeiras, os executores devem prestar contas aos proponentes sobre o fruto de seu trabalho.

Tanto para agentes humanos quanto para agentes computacionais, as normas são assumidas e exercidas de diversas maneiras, desde aquelas impostas coercitivamente, até aquelas que são construídas democraticamente dentro dos grupos.

Do ponto de vista do trabalho com equipes, papéis e normas são muito mais úteis no contexto da própria equipe. É assim que seus membros atuam, tendo-as como parâmetro.

4) Quanto à possibilidade de negociação

Enquanto que, para os agentes computacionais, a negociação é o processo em que uma decisão conjunta é alcançada por dois ou mais agentes, sendo que cada um geralmente está agindo em seu próprio interesse, a negociação humana é muito mais complexa e aplicável a muitas situações, além dessa. O que há de comum em ambos os casos é que há tentativas de se chegar a concessões ou alternativas.

No contexto do trabalho com equipes, a negociação exerce um papel importante, visto que é através dela, especialmente, que as divergências são consideradas. Partindo do pressuposto da natureza do trabalho em equipe (como discutido no início deste capítulo), a negociação é utilizada para efetuar todas as definições que serão assumidas e postas em prática por seus integrantes.

Incentivar a negociação em trabalhos em equipes é uma maneira de fazer com que seus integrantes participem ativamente das diversas etapas que os compõem. Isto tende a contribuir para despertar interesses e, quando isso ocorre, os resultados dos trabalhos são melhores, tanto para executores quanto para proponentes.

5) Quanto à cooperação, coordenação e planejamento

Para que agentes computacionais possam cooperar, normalmente eles assim procedem após negociarem e tomarem decisões conjuntas sobre o que farão. Também podendo ser por negociação, eles definem e assumem regras de conduta. Com isso, eles estabelecem compromissos e os colocam em prática através de um planejamento de ações conjuntas. Tudo isso é feito de modo coordenado, ou seja, considerando o planejamento e a distribuição de tarefas.

Os processos de cooperação, coordenação e planejamento entre agentes humanos são bastante variados, bem como suas complexidades e aplicabilidades. No entanto, são situações vivenciadas por agentes humanos quando participantes de trabalhos em equipes e suas funções estão ligadas à operacionalidade desses trabalhos.

Essas e outras características empregadas na pesquisa com agentes computacionais foram consideradas, direta ou indiretamente, quando da proposição deste roteiro. Também foi possível traçar um paralelo dessas características com relação ao obtido através dos estudos de caso com pré-adolescentes, descritos no capítulo sete.

O objetivo da Tabela 10.1, mostrada a seguir, é ilustrar a possibilidade dessas correlações, que são aqui apenas apontadas, e que estão todas por serem verificadas através de um trabalho mais aprofundado e específico, visto que os estudos de caso realizados para o presente trabalho não tiveram esta finalidade.

A Tabela 10.1 mostra, na primeira coluna, as características consideradas, na segunda, os métodos e técnicas comumente utilizados em agentes computacionais (como mostrado no capítulo cinco), e a terceira mostra as informações obtidas através do estudo de caso com os pré-adolescentes.

Tabela 10.1 - Características em sistemas multiagente e grupos de pré-adolescentes

Características em sistemas multiagente	Métodos e técnicas em agentes computacionais	Obtido no estudo de caso com agentes humanos (pré-adolescentes)
Percepção	Percebem as alterações no ambiente.	Percebem as alterações no ambiente com maior ou menor intensidade.
Ação	Atuam no ambiente visando atingir seus objetivos.	Atuam no ambiente visando atingir seus objetivos.
Comunicação	Podem comunicar-se com agentes que compartilham o mesmo ambiente.	Comunicam-se por linguagem e sinais.
Representação	Possuem representação simbólica explícita do que acreditam em relação ao ambiente e a outros agentes.	Possuem representação.
Motivação	Possuem alguma representação sobre estados do ambiente que desejam alcançar.	Motivados por prazer.
Deliberação	Decidem os estados possíveis do ambiente que devem ser perseguidos.	Democrática.
Raciocínio e Aprendizagem	Opcional.	Raciocinam e aprendem.
Formas de Organização	Hierarquias, holarquias, coalizões, equipes, congregações, sociedades, federações, matrizes organizacionais e combinação de organizações.	Se voluntária, pela amizade, senão, aceitam imposição por parte de um líder reconhecido.
Papéis e Normas	Papéis e normas podem ser impostos ou construídos a partir de necessidades do grupo.	Compreendem, elaboram, assumem e respeitam.
Possibilidades de Negociação	Por exemplo, por votação e leilão, em vários estilos.	Democrática ou por definição de líder eleito pelo grupo.
Cooperação e Coordenação	Estabelecem compromissos e os colocam em prática através de planejamento.	Auxiliam-se mutuamente.
Tipos de Sociedades	Aberta, fechada, semi-aberta ou semi-fechada.	Geralmente fechada (“panelinhas”).

10.2 O roteiro: etapas, comentários e sugestão de utilização

Este roteiro foi idealizado em três etapas. A primeira é realizada pelos proponentes do trabalho em equipe e constitui o seu planejamento. A segunda e a terceira etapas são realizadas pela equipe de trabalho e correspondem, respectivamente, à constituição e definição dos trabalhos que serão feitos por ela, e uma análise individual de todo o trabalho. Estas etapas são apresentadas nas próximas seções.

10.2.1 O planejamento do trabalho em equipe: a proposta inicial

Sugere-se que os proponentes do trabalho em equipe façam um planejamento prévio de seu trabalho. Isto lhes propicia maiores condições de intervir, tanto técnica e metodologicamente quanto com relação ao delineamento, uma vez que são diversas as variáveis que estão em jogo em tais situações.

Esta sugestão parece ser um tanto quanto desnecessária em se tratando de atividades didáticas, uma vez que o planejamento faz parte da prática pedagógica. Considerando,

contudo, que algumas das variáveis presentes em trabalhos desta natureza podem não receber a atenção devida, elaboraram-se algumas questões que, sugere-se, sejam levadas em conta pelos proponentes de trabalhos em equipe, antes de sua proposição propriamente dita.

Ao elencar estas questões não se pretende propor um receituário, ou uma seqüência de passos supostamente “infalíveis”, ou mesmo interferir em uma prática, já enraizada e bastante comum em atividades pedagógicas. O que se pretende é sugerir que se inclua, no planejamento de trabalhos em equipe, a reflexão sobre algumas questões (algumas provavelmente repetidas com relação a esta mesma prática) que possam contribuir para a melhor proposição e condução deste tipo de trabalho. Supõe-se que, no rol destas questões, existam aquelas que contribuam para que o trabalho em equipe seja observado sobre uma nova perspectiva. As questões são as seguintes:

- 1) Qual é o tema e os objetivos deste trabalho em equipe?
- 2) Qual é o estado da arte e os métodos e técnicas empregados no estudo deste tema?
- 3) No contexto do tema, que abrangência e profundidade se espera que os participantes atinjam?
- 4) Que habilidades se espera suscitar e/ou exercitar com este trabalho?
- 5) Quais as chances de que o tema proposto para o trabalho em equipe seja interessante para os participantes? Como fazer com que cada indivíduo tenha prazer em participar do trabalho?
- 6) Os participantes poderão optar pela maneira com que conduzirão o trabalho, incluindo subtemas? Como garantir que questões centrais do tema sejam contempladas?
- 7) Os participantes poderão constituir livremente suas equipes? As equipes têm histórico de trabalho conjunto? Se sim, é interessante que continuem juntas?
- 8) Que características contribuiriam para que a equipe realizasse melhor este trabalho (número de componentes, mais homogênea ou heterogênea, cooperação, coordenação, negociação, formas de organização, papéis, etc.)?
- 9) Quais são os recursos (equipamentos, material bibliográfico, etc.) para a execução do trabalho? Eles são limitados?
- 10) Como viabilizar as interações entre as equipes (encontros presenciais, a distância, situações síncronas e/ou assíncronas, etc.)?
- 11) Que atitudes, por parte dos proponentes, podem contribuir para o sucesso do trabalho das equipes?
- 12) Quais seriam as melhores maneiras para avaliar as equipes?

Essas questões estão associadas à pesquisa em sistemas multiagente. E, como mencionado no capítulo cinco, o principal enfoque nesses sistemas é promover mecanismos para a criação de sistemas computacionais partindo de entidades *autônomas*, os *agentes*, organizados em *sociedades*, dotados de *objetivos* que são colocados em prática em um *ambiente*, empregando seus *conhecimentos* e/ou *aprendendo* novos. Para isso, é necessário viabilizar mecanismos para *interação* e *coordenação* (adaptado de BORDINI; VIEIRA; MOREIRA, 2001).

Os elementos-chave que associam a proposição de trabalhos em equipe com a pesquisa em sistema multiagente foram assinalados no parágrafo anterior. Note-se que o papel dos proponentes de trabalhos em equipe pode ser relacionado com o papel dos projetistas de

sistemas multiagente, ou seja, de uma perspectiva externa a dos agentes (visão social), eles podem modelar esses sistemas conforme as características que quiserem enfatizar. A Tabela 10.2 mostra essas relações.

Tabela 10.2 - Tabela de relações entre a pesquisa em SMA e planejamento de trabalho em equipe

Elementos de um SMA	Questões relacionadas
Ambiente	2) Qual é o estado da arte do tema de pesquisa? 3) Quais são os métodos e técnicas empregados no estudo deste tema? 9) Quais são os recursos (equipamentos, material bibliográfico, etc.) para a execução do trabalho? Eles são limitados?
Agentes e Sociedade	8) Que características contribuiriam para que a equipe realizasse melhor este trabalho (número de componentes, mais homogênea ou heterogênea, cooperação, coordenação, negociação, formas de organização, papéis, etc.)?
Autonomia	6) Os participantes poderão optar pela maneira com que conduzirão o trabalho, incluindo subtemas? Como garantir que questões centrais do tema sejam contempladas? 7) Os participantes poderão constituir livremente suas equipes? As equipes têm histórico de trabalho conjunto? Se sim, é interessante que continuem juntas?
Objetivos	1) Qual é o tema e os objetivos deste trabalho em equipe? 3) No contexto do tema, que abrangência e profundidade se espera que os participantes atinjam?
Conhecimento e Aprendizagem	4) Que habilidades se espera suscitar e/ou exercitar com este trabalho? 5) Quais as chances de que o tema proposto para o trabalho em equipe seja interessante para os participantes (desequilíbrios)? Como fazer com que cada indivíduo tenha prazer em participar do trabalho? 12) Quais são as melhores maneiras para avaliar as equipes?
Coordenação	11) Que atitudes, por parte dos proponentes, podem contribuir para o sucesso do trabalho das equipes?
Interação e Planejamento	10) Como viabilizar as interações entre os integrantes das equipes (encontros presenciais, a distância, situações síncronas e/ou assíncronas, etc.)?
Outros	13) Observações.

Estando de posse dessas questões (e também das questões que se sugere sejam respondidas pelos participantes das equipes, mostradas nas próximas seções), os proponentes de trabalhos em equipe podem ter melhores condições de efetuar o planejamento dos trabalhos. Além disso, como assinalado, podem enfatizar mais um ou outro aspecto que possam interessar em situações específicas. A próxima seção apresenta uma sugestão de formulário que pode ser utilizado pelos proponentes.

10.2.1.1 Sugestão de formulário para planejamento do trabalho em equipe

A Tabela 10.3, mostrada a seguir, constitui um formulário que contempla as questões pontuadas anteriormente e, sugere-se, seja preenchido pelos proponentes do trabalho em equipe.

Tabela 10.3 - Formulário para planejamento de atividades em equipe

Planejamento de trabalhos em equipe
Proponentes:
1) Qual é o tema e os objetivos deste trabalho em equipe?
2) Qual é o estado da arte e os métodos e técnicas empregados no estudo deste tema?
3) No contexto do tema, que abrangência e profundidade se espera que os participantes atinjam?
4) Que habilidades se espera suscitar e/ou exercitar com este trabalho?
5) Quais as chances de que o tema proposto para o trabalho em equipe seja interessante para os participantes ? Como fazer com que cada indivíduo tenha prazer em participar do trabalho?
6) Os participantes poderão optar pela maneira com que conduzirão o trabalho, incluindo subtemas? Como garantir que questões centrais do tema sejam contempladas?
7) Os participantes poderão constituir livremente suas equipes? As equipes têm histórico de trabalho conjunto? Se sim, é interessante que continuem juntas?
8) Que características contribuiriam para que a equipe realizasse melhor este trabalho (número de componentes, mais homogênea ou heterogênea, cooperação, coordenação, negociação, formas de organização, papéis, etc.)?
9) Quais são os recursos (equipamentos, material bibliográfico, etc.) para a execução do trabalho? Eles são limitados?
10) Como viabilizar as interações entre as equipes (encontros presenciais, a distância, situações síncronas e/ou assíncronas, etc.)?
11) Que atitudes, por parte dos proponentes, podem contribuir para o sucesso do trabalho das equipes?
12) Quais seriam as melhores maneiras para avaliar as equipes?
Observações.

10.2.2 A constituição da equipe: as definições do trabalho

Esta segunda parte deste roteiro é destinada à constituição, modelagem e elaboração do planejamento das atividades que deverão ser feitas pela equipe. Trata-se de oito questões que, sugere-se, sejam discutidas, negociadas e definidas pelos integrantes de cada equipe. Elas são apresentadas a seguir.

- 1) Identificar o tema e definir o objetivo geral do trabalho.
- 2) No contexto do objetivo geral do trabalho, cada participante deve explicitar e definir seu objetivo individual.
- 3) Tomando como referência as definições das duas questões anteriores (identificação do tema e definição do objetivo individual), definir em conjunto os objetivos do grupo.
- 4) Pontuar o conhecimento que o grupo possui (no momento) sobre o trabalho e explicitar as habilidades dos participantes.
- 5) Definir as regras e valores para a elaboração do trabalho.
- 6) Definir os elementos que viabilizam a comunicação no grupo.
- 7) Definir os recursos necessários.
- 8) Elaborar a descrição dos planos, a alocação das tarefas e o cronograma de execução.

Também estas questões estão associadas à pesquisa em sistemas multiagente. A perspectiva, agora, é aquela interna aos agentes. Elas também estão relacionadas com os requisitos piagetianos para uma arquitetura de agentes computacionais e sistemas multiagente, o RePiarq, discutido no capítulo seis e mostrado na Tabela 10.4.

Note-se que a associação de questões com requisitos não é tão delimitada quanto a Tabela 10.4 sugere. Há inter-relações e interdependências tanto entre os requisitos quanto entre as questões de planejamento, resolvidas pelas equipes. O que se quer com a tabela a seguir é mostrar que existem correlações entre elas, e da percepção destas correlações decorre a proposição destas questões.

Tabela 10.4 - Tabela de correlações entre o RePiarq e o planejamento da equipe

RePiarq	Questões associadas
Percepção e Memória	1) Identificar o tema e definir o objetivo geral do trabalho.
Interesse e Tendências	2) No contexto do objetivo geral do trabalho, cada participante deve explicitar e definir seu objetivo individual.
Vontade	3) Tomando como referência as definições das duas questões anteriores (identificação do tema e definição do objetivo individual), definir em conjunto os objetivos do grupo.
Cognição	4) Pontuar o conhecimento que o grupo possui (no momento) sobre o trabalho e explicitar as habilidades dos participantes.
Regras e Valores	5) Definir as regras e valores para a elaboração do trabalho.
Sinais	6) Definir os elementos que viabilizam a comunicação no grupo.
Planos	7) Definir os recursos necessários 8) Elaborar a descrição dos planos.
Compromissos	8) Alocar tarefas e definir o cronograma de execução.

Essas oito questões são retomadas a seguir de maneira mais detalhada, em a comparando com as questões elaboradas para o planejamento por parte dos proponentes de trabalhos em equipe. Associadas a estas questões estão explicações e comentários. Isto se deve ao fato de que se sugere que os proponentes disponibilizem para as equipes este conjunto completo, as questões e as explicações, a fim de melhor nortear o seu trabalho. Uma sugestão de apresentação dessas explicações é mostrada no Anexo 7. As oito questões são:

1) Identificar o tema e definir o objetivo geral do trabalho

Nesta questão, a equipe deve identificar o tema ao qual o trabalho está relacionado, bem como definir o seu objetivo. Em alguns casos, um ou mais temas são propostos e deixados a critério dos grupos à escolha do enfoque, delineamento ou objetivo. Mesmo nestes casos a equipe deve explicitar o tema e o objetivo geral do trabalho. Ter acesso ao objetivo geral da equipe de maneira explícita permite que eles possam ter melhores condições de avaliar e tomar decisões a respeito.

2) No contexto do objetivo geral do trabalho, cada participante deve explicitar e definir seu objetivo individual

Depois de ter sido identificado o tema e definido o objetivo geral do trabalho (questão 1), cada participante deve definir seus objetivos individuais, visto que cada um possui valores únicos, individuais. Isto faz com que seus objetivos, interesses e conseqüente motivação sejam também individuais.

Se cada participante explicitar, a partir do contexto do objetivo geral, seus objetivos específicos, a equipe terá maior clareza com relação às motivações de cada componente e, assim, terá melhores condições de extrair daí subsídios para construir

uma solução conjunta que, além de atender à especificação do objetivo geral, atenda também aos anseios individuais de seus integrantes.

É interessante, portanto, que os participantes da equipe explicitem seus interesses particulares, a fim de que possam situá-los no contexto do trabalho em grupo. Esses interesses decorrem justamente da escala de valores de cada um deles. E a ação de explicitá-los pode contribuir para um melhor entendimento entre os participantes, a partir da compreensão que tenham sobre esses mesmos interesses dos parceiros.

Este tipo de atividade pode também desencadear os sentimentos de respeito mútuo, igualdade e reciprocidade, fundamentais em atividades coletivas, visto que faz com que os integrantes do grupo se exponham mais a seus companheiros.

O que se pretende, portanto, é fazer propiciar este momento de reflexão e síntese conjunta, a fim de compatibilizar os objetivos individuais com os objetivos gerais da equipe. Se isso acontece, pode-se inferir que ela trabalha de maneira mais coesa e motivada.

3) Tomando como referência as definições das duas questões anteriores (identificação do tema e definição do objetivo individual), definir em conjunto os objetivos da equipe

Nesta questão a equipe deve, já situada com relação ao tema, ao objetivo geral do trabalho e aos interesses particulares de cada um dos participantes, definir em conjunto seus próprios objetivos.

Esta fase envolve negociação, visto que, em muitos casos, não é possível contemplar todos os interesses individuais. Isto pode decorrer de diversos motivos, dentre eles, a escassez de recursos, o que inclui o fator tempo. O que interessa é que a equipe defina, com conjunto e de maneira autônoma, os objetivos que deverão ser atingidos através do trabalho que será realizado por ela.

4) Pontuar o conhecimento que a equipe possui (no momento) sobre o trabalho, e explicitar as habilidades dos participantes

Esta questão está dividida em duas partes distintas: a primeira diz respeito ao conhecimento do grupo sobre o tema do trabalho, e a segunda sobre as habilidades de cada um dos participantes.

Na primeira parte, a equipe deve refletir e sistematizar o conhecimento que possui sobre o trabalho. É a ocasião em que verifica, por exemplo, se algum dos componentes tem visão do todo, ou se conhece particularidades do tema, ou se sabe sobre alguma referência que possa ser importante para toda a equipe. É assim que todos os membros passam a se identificar com relação ao conhecimento, inclusive técnico, que cada componente possui.

A segunda parte visa fazer com que cada membro da equipe exponha e, posteriormente, relacione suas habilidades tendo em vista o objetivo a ser alcançado.

A relação dos conhecimentos e das habilidades servirá não apenas para possibilitar que haja maior conhecimento sobre cada um dos membros da equipe, mas também para sistematizar informações que serão utilizadas na última etapa deste roteiro.

Este é o momento da tomada de consciência sobre o conhecimento e as habilidades de cada membro da equipe, e permite vislumbrar as possibilidades de composições entre elementos como possibilidades potenciais de atividades futuras. Além disso, a

equipe começa a ter uma noção maior sobre as dimensões do trabalho que deverá executar, ou seja, o grau de desequilíbrio causado pela proposição do trabalho.

De modo geral, esta etapa viabiliza a organização das equipes. Pode ser, por exemplo, que exista um integrante que tenha maior conhecimento sobre o tema e, portanto, possa ser o líder. Podem formar subequipes, dependentes ou independentes. Podem trabalhar de maneira isolada, conjunta ou cooperativa. É assim também que podem ficar evidenciados os papéis que cada membro da equipe irá desempenhar.

5) Definir as regras valores para elaboração do trabalho

Nesta fase são definidas as regras que serão utilizadas no desenvolvimento do trabalho. Para isso, os componentes explicitam os requisitos considerados por eles como imprescindíveis para que um trabalho em equipe seja realizado com sucesso. Note-se que, ao assim proceder, cada componente precisa recorrer à sua escala de valores pessoal, visto que é dela que esses requisitos decorrem.

Por exemplo, algum membro da equipe pode considerar que a responsabilidade e o empenho sejam fundamentais. Outro, que são os compromissos e a pontualidade. Enfim, tendo apresentado e discutido esses requisitos, procede-se à elaboração de uma relação dos aspectos mais valorizados pelos membros. Esta relação dever ser assumida e seguida por eles como as regras daquela equipe de trabalho. São elas que contribuirão para reduzir os conflitos e parametrizar as condutas. Nessas regras podem estar inclusas, se for o caso, as respectivas punições para seu não-cumprimento.

6) Definir os elementos que viabilizam a comunicação no grupo

Nesta fase do roteiro são definidos os elementos que viabilizarão a comunicação na equipe. Note-se que esses elementos podem incluir sinais, símbolos, linguagem, representações, etc., que serão de domínio coletivo ou não. Para isso, é feita uma relação identificando cada membro da equipe e os respectivos elementos de comunicação com os quais ela pode contar e utilizar.

Pode-se definir, por exemplo, que a linguagem comum será o português, que, para se comunicar, os membros da equipe podem utilizar e-mail, telefone, fax e ICQ¹²⁷. Se residirem na mesma cidade, podem marcar encontros, o que facilita a comunicação oral presencial.

Quando se trata de agentes humanos, em uma interação qualquer, normalmente o que acontece é que um ou mais agentes iniciam uma conversa (seqüência válida de mensagens) em uma dada linguagem. Podem, via tentativa e erro, definir qual a linguagem que possuem em comum e, então, a utilizam. Note-se que agentes humanos desenvolvem e utilizam pelo menos uma linguagem ao longo de sua existência (que inclui gestos, expressões faciais, corporais, timbre de voz, etc.).

A comunicação é a base para as interações, negociações, planejamento, cooperação, enfim organizações sociais, além de ser o meio para coordenar ações. E, apesar de ela estar como sexto item neste roteiro, ela é o pré-requisito inicial de uma atividade em equipe aos moldes desta, para a qual este roteiro foi elaborado.

7) Definir os recursos necessários

¹²⁷ ICQ é um programa de comunicação instantânea pela Internet. Ele é assim denominado a partir da frase em inglês "I seek you".

Nesta fase do roteiro são discutidos e identificados os recursos necessários para a realização do trabalho. Esses elementos podem ser bibliográficos, trabalhos práticos, experimentos, utilização de máquinas e equipamentos específicos, etc.

Por exemplo, a equipe pode precisar gerar um relatório escrito onde constem figuras e gráficos. Para isso, ela deve ter acesso a recursos bibliográficos, e utilizar um editor de textos para nele sistematizar o trabalho realizado. Pode-se concluir que, para este trabalho, é preciso ter acesso a pelo menos um computador conectado à *web* e equipado com um editor de textos, um *scanner*, e uma impressora.

8) Elaborar a descrição dos planos, a alocação das tarefas e o cronograma de execução

Nesta fase do roteiro são definidos os planos que deverão ser executados pelos integrantes da equipe, além da alocação individual ou coletiva de tarefas, bem como os prazos estabelecidos para tal. É nesta etapa, portanto, que os indivíduos assumem compromissos conjuntos sobre as ações da equipe visto que estarão envolvidos não apenas enquanto elementos individuais, mas também como componentes de uma organização maior, a própria equipe.

10.2.2.1 Sugestão de formulário para o início das atividades da equipe

O formulário mostrado a seguir, ilustrado na Tabela 10.5, sintetiza as oito questões componentes desta segunda parte do roteiro. Seu preenchimento é feito pela equipe, e uma cópia deve ser entregue aos proponentes do trabalho.

No decorrer do desenvolvimento do trabalho em si, adaptações são comuns, frutos do próprio processo de trabalho. Nesses casos, a equipe e o proponente devem estar cientes dos motivos que levaram a elas. Voltar ao roteiro e efetuar essas alterações pode ser uma atitude interessante de ser realizada pela equipe.

Tabela 10.5 - Formulário de constituição, modelagem e elaboração do planejamento de atividades de trabalhos em equipe

Formulário de constituição, modelagem e elaboração do planejamento de atividades de trabalhos em equipe	
1) Objetivo geral do trabalho (O que o proponente do trabalho deseja que a equipe realize, experimente, conheça?):	
2) Componentes da equipe: 1) 2) 3)...	Objetivo individual (O que é importante para mim?): 1) 2) 3) ...
3) Tomando como referência as definições das duas questões anteriores, definir em conjunto os objetivos da equipe (O que seria importante para todo a equipe?):	
4) Qual o conhecimento que a equipe possui sobre o trabalho (O que se sabe a respeito?). habilidades (O que eu sei fazer que pode ajudar a equipe?): 1) 2) 3)...	Componentes da equipe: 1) 2) 3)...
5) Definir as regras para elaboração do trabalho (Que valores – morais, éticos, estéticos, etc., - uma equipe deve possuir, e comprometer-se com ela, para que suas chances de sucesso aumentem?).	

6) Definir os elementos que viabilizam a comunicação na equipe e como serão utilizados (Quais meios de comunicação – linguagem, símbolos, sinais, etc. – serão utilizados pelos membros da equipe? Em se tratando de telefone, fax e encontros presenciais, definir melhores dias/horários).	
7) Definir os recursos necessários (Quais recursos materiais, bibliográficos, técnicos, etc., a equipe precisará para atingir seu objetivo?).	
8) Elaborar a descrição dos planos e o respectivo conjunto de tarefas para sua execução (Como, quem e quando faremos as tarefas planejadas?).	
Alocação das tarefas aos componentes:	Cronograma de execução (prazo de entrega):
1)	1)
2)	2)
3)...	3)...

10.2.3 O término do trabalho em equipe: a avaliação individual

A última parte deste roteiro é destinada à análise e avaliação das atividades feitas pela equipe. São oito questões que, sugere-se, sejam respondidas individualmente pelos membros da equipe. Note-se que a atividade anterior, que inclui a constituição, modelagem e elaboração do planejamento das atividades dos trabalhos da equipe, foi feita em conjunto por ela, e esta etapa, a de análise e avaliação, é individual.

Tanto a análise quanto a avaliação das atividades realizadas decorre de uma perspectiva pessoal, única, influenciada pelos valores pessoais. É claro que o diálogo na equipe pode construir um consenso sobre essas atividades. Do ponto de vista deste roteiro, é importante oportunizar a proponentes e executores a possibilidade de refletirem sobre o trabalho em equipe sob o ponto de vista individual, ou seja, de cada integrante dela. As questões são apresentadas a seguir.

- 1) Identificação do indivíduo e da equipe a que pertenceu.
- 2) Identificação do tema e/ou objetivo do trabalho solicitado pelos proponentes.
- 3) Identificação dos objetivos individuais originais.
- 4) Identificação dos objetivos específicos determinados pela equipe.
- 5) Memorial das atividades realizadas pela equipe.
- 6) Relato das principais dificuldades enfrentadas com a realização do trabalho.
- 7) Relato dos principais aspectos proporcionados pela realização do trabalho em equipe em termos de conhecimento e de vida.
- 8) Comentários gerais.

10.2.3.1 Sugestão de formulário para o término das atividades da equipe

O formulário mostrado a seguir, ilustrado na Tabela 10.6, sintetiza as oito questões componentes desta última parte do roteiro. Seu preenchimento é feito individualmente, e uma cópia deve ser entregue aos proponentes do trabalho.

Tabela 10.6 - Formulário de análise e avaliação das atividades do trabalho em equipe

Formulário de análise e avaliação das atividades do trabalho em equipe
1) Identificação do indivíduo e da equipe a que pertenceu (Meu nome, nome da equipe).

2) Identificação do tema e/ou objetivo do trabalho proposto pelo proponente do trabalho em equipe (Qual foi o tema ou objetivo proposto pelo proponente do trabalho em equipe?).
3) Identificação dos objetivos individuais originais decorrentes (Quais eram meus objetivos pessoais quando da proposição deste trabalho em equipe?).
4) Identificação dos objetivos específicos determinados pela equipe (Quais foram os objetivos específicos deliberados pela equipe?).
5) Memorial das atividades realizadas pela equipe (Relato histórico das atividades feitas pela equipe, se possível, nomeando os responsáveis pelas subatividades, com impressões e críticas pessoais a respeito).
6) Relato das principais dificuldades enfrentadas com a realização do trabalho (Que dificuldades eu e minha equipe tivemos? Por quê? Como as solucionamos?).
7) Relato dos principais aspectos proporcionados pela realização do trabalho em equipe em termos de conhecimento e de vida (O que eu aprendi com este trabalho? Como este trabalho contribuiu para minha experiência de vida?).
8) Comentários gerais (Que críticas, sugestões, observações tenho a fazer sobre o trabalho?).

10.3 Comentários

É preciso reiterar que os princípios de um processo de modelagem de trabalhos em equipe, apresentado neste capítulo, são frutos das observações e relações estabelecidas a partir dos estudos e pesquisas realizados para este trabalho. São relações entre os requisitos necessários para modelar e viabilizar um sistema multiagente em que estão previstas atividades que podem envolver trabalho individual, colaborativo e cooperativo, e entre o trabalho em equipe, feito por agentes humanos, que pode envolver estes mesmos tipos de trabalhos.

Esses princípios (e por isso mesmo foram denominados “primeiros princípios”) constituem, no entanto, a organização de uma proposta de roteiro que, devido ao fato de que sua sistematização ter ocorrido em fase tardia do período destinado à conclusão da tese, não foram experimentados, criticados, enfim, não passaram pelo crivo de um trabalho científico. Apesar disso, entendeu-se que seria importante apontá-los, visto que eles constituem um ponto inicial para trabalhos futuros.

Entendeu-se que utilizar esses princípios para modelar e acompanhar trabalhos em equipe, tendo a pesquisa em sistemas multiagente como fonte de orientação, é uma proposta viável e interessante. Mas não é só isso. O refinamento deste roteiro, aqui apenas idealizado, tem como suporte a Epistemologia Genética, visto que se sugere sua aplicação esteja de acordo com as orientações de como proceder frente a uma equipe, aos moldes daquela apresentada no início deste capítulo. Isto implica concepções e ações, talvez diferenciadas, tanto da parte de proponentes quanto de executores.

Pode-se inferir que um trabalho em equipe com este tipo de concepção e ação tende a conduzir à cooperação, seja ela satisfatória ou não para seus integrantes. A cooperação insatisfatória é aquela que envolve apenas alternância e sincronização de operações, ou seja, a simples execução de atividades, o cumprimento de requisitos mínimos exigidos. A cooperação satisfatória, como disse Piaget, modifica seus participantes de maneira durável.

Entretanto, como apontado no capítulo sete, nem sempre as atividades mais planejadas e “bem intencionadas” estão fadadas ao sucesso, ou seja, contribuiriam de alguma maneira para modificar seus integrantes de maneira durável. A postura e a clareza das atividades por parte de proponentes e executores contribui, porém, sobremaneira para tal.

Além disso, ficam evidenciados os fatores ligados à escala de valores dos participantes de trabalhos em equipe. Mesmo sendo subjetivos, eles precisam ser levados em conta.

Oportunizar situações em que os valores são explicitados pode propiciar condições de trabalho muito mais claras, honestas e produtivas.

Cabe dizer ainda que os valores, como os conhecimentos, podem ser aprimorados ao longo do processo de interação do indivíduo. Significa que, em um momento, determinado componente da equipe pode não ter uma participação ativa, produtiva, contributiva, etc. Propiciar situações de interações como esta, contudo, podem contribuir para a modificação deste indivíduo, de maneira que, na próxima interação, tenha conduta e conhecimento positivamente diferenciados.

11 Conclusões, principais constatações, comentários e trabalhos futuros

O presente trabalho apresentou uma especificação de requisitos para agentes e sistemas multiagente fundamentada em uma interpretação da cooperação na ação no contexto da Epistemologia Genética.

Para isso, foi necessário realizar pesquisas focando particularmente o período das operações concretas, o terceiro estágio do desenvolvimento cognitivo, que tem início aos sete anos de idade, aproximadamente. É neste período, construído sobre os dois antecedentes, que ocorre uma série de novas construções, com significativo progresso individual e social, em o comparando com os anteriores. É neste período, por exemplo, que a criança é capaz de realizar operações, tanto quando atua sozinha (operações sujeito/objeto), e cooperar (operações sujeito/sujeito), quando opera com outros indivíduos.

Neste trabalho, as construções efetuadas através dos estudos e pesquisas realizados foram feitas paulatinamente, em um processo de leitura, revisão e experimentação constante. E o que se faz neste capítulo é apontar as principais constatações dele decorrentes, bem como as atividades que merecem serem retomadas, ambas de um ponto de vista pessoal.

11.1 Quanto à cooperação humana

Os próximos itens apresentam uma síntese de alguns conceitos, que são fundamentais e que devem ser compreendidos. A dificuldade de compreensão decorre da complexidade, encadeamentos e interligações que constituem a Epistemologia Genética.

Em conjunto com esses conceitos, que se referem especialmente ao período das operações concretas no qual o presente trabalho está centrado, estão algumas das interpretações, decorrentes dos estudos feitos principalmente na teoria piagetiana que contribuíram para a definição do conjunto de requisitos para agentes computacionais e sistemas multiagente proposto. Os itens são:

1) Operações lógicas elementares

De modo geral, é no início do período operatório concreto que a criança consegue executar as primeiras operações lógicas. Isso só acontece porque ela passa a ter noção de totalidade, de conjunto, ou seja, ela passa a compreender não apenas objetos isolados (como uma rosa e uma margarida), mas o conjunto deles (um ramalhete de flores). Esta noção do todo lhe permite realizar operações de classes e relações, que são as operações lógicas elementares. Alguns exemplos são dados a seguir.

Considerando um ramalhete de flores, contendo rosas, margaridas e cravos, a criança, em sua interação *sujeito/objeto*, é capaz de identificar as características de cada uma dessas flores, o que a capacita a dizer que um cravo pertence à *classe* dos cravos. Pode dizer, a partir da *relação* entre as rosas, que existem rosas mais e menos abertas. Pode dizer que o ramalhete possui mais flores do que margaridas, visto que apenas algumas flores são margaridas. Enfim, a criança pode efetuar inúmeras operações, e tudo isso empregando classes e relações a partir da construção da noção de totalidade (ou de conjunto).

A noção de totalidade, que é básica na teoria piagetiana, talvez por isso mesmo é tratada, em diversas obras, com muito mais ênfase em sua demonstração (às vezes com exemplos exaustivos), o que contribui para que um leitor inexperiente não lhe dê a devida importância. E, para avançar nos estudos sobre o período operatório concreto é preciso, além de ter esta compreensão, entender suas justificativas, ou seja, entender o porquê da necessidade da construção da noção de totalidade, e o motivo pelo qual as classes e relações são as operações elementares.

As respostas a estas questões são simples. É só depois de construída a noção de totalidade que é possível efetivamente efetuar classificações e estabelecer relações. E as classes e relações são operações elementares porque é primeiro através delas que o indivíduo passa a realizar operações que são progressivamente isomorfas às da lógica¹²⁸. E a lógica é um mecanismo fundamental para as ações que o indivíduo realiza, o que inclui o conjunto de operações que constituem a cooperação, que é a ênfase deste trabalho.

Voltando, entretanto, às operações de classes e relações, elas são aplicáveis a domínios diferentes, entre eles, os descontínuos, os contínuos, e também os que lidam com valores. É por este motivo que se diz que há isomorfismo entre as estruturas que lidam com esses domínios.

2) Sobre o isomorfismo das estruturas operatórias e como o sujeito epistêmico opera com valores

Outra questão essencial é a compreensão sobre a existência de isomorfismo entre as estruturas operatórias. É preciso partir do princípio de que os elementos de cada estrutura (ou grupamentos) são diferentes, mas a maneira como eles se comportam é a mesma, ou seja, as cinco propriedades gerais¹²⁹ (a operação direta ou composição, a operação inversa ou reversibilidade, a operação idêntica geral ou identidade, as operações idênticas especiais tautologia e absorção, e a associatividade) permanecem. Esta questão é discutida a seguir, para melhor entendimento.

Quanto aos *domínios descontínuos*, e em se tratando de classes, a criança pode concluir que, ao incluir margaridas a um ramallete com rosas e cravos, continua a existir um ramallete de flores (operação direta ou composição); que, se foram incluídas duas rosas e em seguida retiradas duas rosas, continua a existir a mesma quantidade original de rosas (operação inversa ou reversibilidade); que, se distribuídas todas as flores, não se pode mais efetuar nenhuma operação, porque não há mais elementos (idêntica geral, ou identidade); que, se incluir mais uma rosa às rosas já existentes no ramallete, continuam a existir rosas no ramallete (idêntica especial, tautologia); que, se reunir cravos e margaridas ou margaridas e cravos, obtém-se o mesmo resultado (associatividade).

Ainda, neste mesmo domínio, em se tratando de relações, a criança pode concluir que, se acrescentar um tom mais forte à cor das rosas mais claras, elas ficarão no tom das rosas mais escuras, sendo que a cor, em si, permanece a mesma (operação direta ou composição); que, se o tom mais forte for retirado das rosas agora mais escuras, elas voltarão à cor original (operação inversa ou reversibilidade); que não há diferença de cor em comparando as rosas mais claras entre si (idêntica geral, ou identidade); que, se acrescentar o mesmo tom claro às rosas claras, elas

¹²⁸ Ver também (PIAGET, 1983, p. 340 e seguintes).

¹²⁹ São denominadas “gerais” porque apresentam algumas características particulares e casos especiais, como apontado no capítulo quatro.

permanecerão no mesmo tom (idêntica especial, tautologia); que, se forem colocadas as rosas mais claras junto com as rosas mais escuras, ou vice-versa, obtém-se o mesmo resultado (associatividade).

Por outro lado, e mais sinteticamente, se a criança estiver lidando com *domínios contínuos*, como, por exemplo, operando com elementos de uma determinada área espacial, como um assoalho formado por mosaicos, ela é capaz de efetuar ali diversas operações. Pode perceber quais lajotas são vizinhas, e a ordem com que estão colocadas; que existem pequenos grupos de lajotas, e que existe uma circunscrição; que existem tamanhos e cores diferentes de mesmos elementos. Estas e outras constatações são operatórias e permitem, tal como nos domínios descontínuos, as operações de composição, reversibilidade, identidade, idênticas especiais e associatividade, com classes e relações.

Do mesmo modo, em se tratando das interações sujeito/sujeito, *no domínio dos valores*, pode-se dizer que, quando uma criança diz que “ajuda seus amigos”, significa que ela não ajuda todo mundo, ou seja, antes houve um processo de classificação, do conjunto da classe “todo mundo” ela distinguiu a classe dos “seus amigos”. Implicitamente, nesta frase, há admissão de que se “ajuda mais a esse grupo” do que a outras pessoas e, portanto, houve um processo de seriação¹³⁰. E, para “ajudar os amigos” é necessário conceituar do que se trata este “ajudar”, ou seja, colocá-lo em uma escala de valores e avaliar seu significado qualitativo. Isto é feito comparando valores atribuídos a ações ou serviços, ou seja, considerando sua própria escala de valores.

Além disso, o indivíduo canaliza a energia decorrente de seus interesses que são determinados em função de seus valores, na consecução de seus objetivos, suas ações. Em outras palavras, tanto nas avaliações que faz quanto na determinação de interesses estão em jogo valores e com eles se pode fazer composição, reversibilidade, identidade, idênticas especiais e associatividade, operando com classes e relações.

Assim se pode exemplificar, em linhas gerais, a existência de isomorfismo entre esses três grupamentos (lógico-matemáticos, infralógicos e de valores). Isto é possível porque, tendo descoberto as propriedades de um dos sistemas, pode-se abordá-las como sendo as propriedades de um outro sistema isomorfo a ele. Considerando que os grupamentos lógico-matemáticos foram alvo de trabalho específico por parte de Jean Piaget e Jean-Blaise Grize, aprofundou-se o estudo sobre eles. Identificadas as propriedades do grupamento lógico-matemático, pode-se empregá-las no grupamento de valores visto o isomorfismo entre eles.

Levando em conta este isomorfismo, foi possível fazer uma primeira aproximação a uma sistematização dos grupamentos de valores (Seção 2.3.2.3), que, pela revisão bibliográfica que foi possível realizar, nunca foi feita. Isto também permitiu fundamentar a concepção de como, na teoria piagetiana, o sujeito epistêmico lida com seus valores.

Neste trabalho se defende que o sujeito epistêmico lida com seus valores de maneira lógico-operatória (Seções 3.2 e 7.2.4.3). Isto ocorre porque, tendo atingido um nível de desenvolvimento físico, mental e social, ele não opera como o faz a criança pré-operatória, ou seja, de maneira intuitiva, a partir das percepções. Suas operações são

¹³⁰ Exemplo construído a partir de Becker (1999).

lógicas e racionais¹³¹. E isso vale para as operações com valores, também denominadas operações afetivas.

Nessas operações os valores estão presentes com maior intensidade. Especificamente quanto a eles, entendeu-se, neste trabalho, que o indivíduo os emprega em pelos menos duas situações: para realizar avaliações e para constituir seus interesses, que acabam por ser sua força e energia para agir. E tanto avaliações quanto interesses podem ser operados lógica e racionalmente. Isto assim é, porque as operações que realiza são semelhantes (visto o isomorfismo) àquelas características dos grupamentos lógico-matemáticos. Ou seja, não importa o conteúdo com o qual se opera (elementos descontínuos, contínuos ou com valores). Importa a maneira como eles se comportam.

É preciso reafirmar, entretanto, a diferença entre o mecanismo operatório do grupamento dos valores, com relação a seu conteúdo, pois enquanto o primeiro é lógico, nada se pode afirmar com relação ao segundo. Tal como as demais estruturas, também a dos valores vai sendo construída ao longo da vida do indivíduo, mas o que o faz valorizar este ou aquele aspecto (o conteúdo com o qual opera), é particular, se poderia dizer, no limite, que é “ilógico”. Ou seja, a maneira com o que indivíduo constrói, valoriza, define valores e os organiza em escala é que pode não ser lógica, mesmo para aquele indivíduo denominado racional. Antes de continuar a tecer comentários sobre os valores, porém, é preciso abordar a questão do conceito de grupamento.

3) Quanto ao conceito de grupamento

A compreensão sobre a utilização do conceito de *grupamento* é fundamental. Isto assim é porque este termo é encontrado na literatura piagetiana com pelo menos três objetivos: 1) para designar a estrutura cognitiva característica do período operatório concreto; 2) para designar subestruturas componentes de estruturas cognitivas; e 3) para designar um conjunto de operações, quer sejam realizadas individual quanto coletivamente.

Identificada esta diferenciação, é preciso compreender seu motivo. Ela se deve ao fato de que a formalização feita por Piaget para os grupamentos enfatiza suas cinco propriedades: a operação direta ou composição; a operação inversa; a operação idêntica geral; a associatividade; e as operações idênticas especiais (tautologia e absorção). É por este motivo que Piaget conceitua um grupamento como sendo

[...] um sistema de operações tal que o produto de duas operações do sistema seja ainda uma operação do sistema; tal que cada operação comporta um inverso; tal que o produto de uma operação direta e seu inverso equivale a uma operação nula ou idêntica; tal que as operações elementares estejam associadas e tal que, enfim, uma operação composta com ela mesma não seja modificada por esta composição. (PIAGET, 1973, p. 97).

Ou seja, vistas assim as operações, elas tanto são resultados da estrutura dos grupamentos operatórios, como sua composição também gera uma estrutura com as características dos grupamentos.

É por isso que o termo grupamento, além de designar a estrutura cognitiva característica do período operatório concreto, pois é a partir dela que foram

¹³¹ É preciso lembrar que todas as operações são constituídas por aspectos intelectuais e afetivos, com maior ou menor grau, mas contemplando ambos esses aspectos.

identificadas e formalizadas essas propriedades, pode ser utilizado para os dois outros objetivos. Pode designar subestruturas componentes da estrutura cognitiva porque mesmo subconjuntos dela apresentam essas propriedades, como é o caso de cada um dos grupamentos que compõem (por exemplo, os grupamentos lógico-matemáticos). Pode designar também um conjunto de operações que sejam realizadas por um ou mais indivíduos porque, para realizar essas operações, elas só são tais porque contemplam as cinco propriedades.

São essas propriedades que garantem a noção de operação: ações interiorizáveis (porque podem ser feitas tanto com objetos tangíveis quanto em pensamento), reversíveis (porque aplicada a ação inversa, a primeira é anulada, o que faz retornar ao ponto inicial), e coordenam-se em sistemas que apresentam as cinco propriedades, incluindo os três principais grupamentos, o lógico-matemático, o infralógico e o de valores. É a respeito dos estudos sobre os grupamentos lógico-matemáticos que são feitos os próximos comentários.

4) Sobre os grupamentos lógico-matemáticos

O conceito de grupamento foi concebido por Piaget em 1941. Apesar das tentativas, especialmente de Jean-Blaise Grize, ele nunca foi formalizado completamente. O esforço feito neste sentido, constante de “Ensaio de Lógica Operatória”, deixou lacunas, reconhecidas inclusive por Piaget, na introdução à segunda edição da obra.

Nela, tanto na versão traduzida quanto na original em francês, aparecem trechos obscuros, incompletos e incorretos, a exemplo de expressões matemáticas que não correspondem à explicação teórica (especialmente referentes ao grupamento sete, páginas 150 a 163 no original e 149 a 162 na versão traduzida), além do emprego de uma notação complicada.

A constatação de que no original também aparece a maioria desses problemas só ocorreu mediante o acesso a ele. O fato de ser uma obra rara¹³² e difícil de ser conseguida, no entanto, acarretou não apenas atrasos em cronogramas de trabalho, mas em dificuldades e incertezas quanto a algumas passagens. Foi o trabalho sistemático e insistente feito em “Ensaio de Lógica Operatória” e em outras publicações, inclusive sugeridas por professores com vasto estudo e trabalho na obra de Piaget¹³³, que criou condições para compreender o contexto geral do que Piaget queria ali revelar. Mesmo assim, tal como colocado no último tópico deste capítulo, há ainda trabalho por fazer e refazer a respeito dos grupamentos e suas implicações.

A título de síntese, o que pode ser dito a respeito deles para explicar sua importância para o indivíduo no período das operações concretas, pode ser ilustrado através de uma metáfora de Seymour Papert, em “A Máquina das Crianças”. Ele faz referência ao antigo “João-faz-tudo” que bate de porta em porta oferecendo seus serviços para consertar o que quer que esteja estragado. Ele leva consigo uma sacola que contém algumas ferramentas, que podem ou não ser utilizadas no conserto requerido. No entanto, este fator em nada o perturba, visto que acredita poder adaptar as ferramentas que possui a qualquer serviço que lhe seja solicitado (PAPERT, 1994).

¹³² Pela pesquisa feita, constatou-se que, até então, apenas a professora Doutora Zélia Ramozzi Chiarottino possuía a única obra no Brasil. A segunda é da autora, e foi conseguida com auxílio de amigo brasileiro, residente na França, que o procurou em diversas livrarias técnicas de Paris, até que finalmente o encontrou.

¹³³ Um agradecimento em especial aos professores Zélia Ramozzi Chiarottino e Fernando Becker pelas diversas mensagens e sugestões, além da sempre inspiradora Léa da Cruz Fagundes.

É assim que a estrutura cognitiva própria do período operatório concreto, mesmo carente de melhorias, ampliações e modificações, viabiliza que o indivíduo atue no meio em que vive, sem perturbações, visto não se dar conta de seus limites e possibilidades. São, contudo, tantos os problemas e situações que pode enfrentar, individual e coletivamente, que o faz e neste fazer, vai aos poucos melhorando, ampliando e modificando sua estrutura.

5) Valores, interesse, compromissos, tendência, regras e vontade

Com este trabalho foi possível identificar da teoria de Piaget, o que se pode denominar como os *elementos estimuladores da ação do indivíduo*: valores, interesse, compromissos, tendência, regras e vontade. Esses elementos foram empregados enquanto componentes de um conjunto de requisitos para uma arquitetura de agentes computacionais proposto. Eles são retomados a seguir, em seus aspectos mais importantes, bem como suas relações.

Valor, do ponto de vista filosófico, é a característica dos elementos que faz com que eles sejam mais ou menos desejados ou estimados por um ou mais indivíduos. Porém, é difícil atribuir um sentido exato de valor, porque, além de ser uma noção qualitativa, ele representa um conceito móvel, uma passagem do desejado ao desejável.

Os valores se organizam em escalas. Uma escala de valores é uma relação ordenada por importância dos valores, que é organizada e mantida a partir de interações, e em especial de interações sociais. Ela é válida para um indivíduo, um grupo de indivíduos, e uma sociedade inteira, e nas sociedades está presente em maior ou menor grau e número. As escalas de valores são variáveis, heterogêneas, mas duráveis em um certo período de tempo e, como tal, são passíveis de serem analisadas enquanto válidas para aquele período.

Dialeticamente, as condições do ambiente daquele mesmo período interferem com maior ou menor intensidade na organização das escalas de valores, e isso interfere tanto nas escalas de valores individuais quanto sociais. Em outras palavras, na medida em que os valores dos indivíduos se modificam, eles interferem nos valores grupais e sociais, e a recíproca é verdadeira.

Antes de avançar, contudo, nesta discussão sobre elementos estimuladores da ação do indivíduo, é preciso diferenciar os valores. Os estudos e pesquisas decorrentes deste trabalho permitiram uma interpretação sobre a existência de pelo menos três instâncias ou noções ligadas a valores: os *valores* em si, a *escala de valores* e os *valores de troca*.

O primeiro deles se refere aos *valores* efetivamente valorizados pelo indivíduo e que constituem um *conjunto*. Este conjunto de valores é muito mais durável, podendo, no limite, ser válido para toda a vida do indivíduo.

Os valores deste conjunto podem se organizar de diversas maneiras, constituindo *escalas de valores*. São essas escalas, mais maleáveis do que o conjunto dos valores em si, suscetíveis de serem influenciadas em maior grau pelo ambiente, que são utilizadas nas interações que o indivíduo realiza.

Esta interpretação decorre da generalização da compreensão do mecanismo operatório que o indivíduo utiliza em todas as suas interações. O mecanismo não muda; mudam os conteúdos, os objetos com os quais interage. O indivíduo, porém, não utiliza todos os recursos cognitivos de que dispõe, em toda e qualquer interação.

O mesmo é válido para as questões dos valores; o indivíduo não utiliza todos os valores que possui em toda e qualquer interação que realiza. Ele utiliza uma escala de valores específica, constituída a partir de seu conjunto original de valores e influenciada pelas condições do ambiente.

Os *valores de troca* são os valores característicos de um tipo especial de interação: as trocas de serviços. É o caso em que um indivíduo presta um serviço a outro e o satisfaz, acarretando uma situação em que este último deverá retribuir.

Os valores influenciam decisivamente nos *interesses* de um indivíduo. Para Piaget, interesse é aquilo que é importante e vantajoso para ele, e por isso mesmo faz gerar energia e força para viabilizar sua realização. A ausência ou insuficiência de interesse não impede que o indivíduo realize determinadas ações. Existindo interesse, a diferença é justamente a produção dessa energia e força, que são as medidas com que o indivíduo será impulsionado na tentativa de alcançá-lo.

Os *compromissos* são as obrigações assumidas pelo agente com relação a outros agentes e implicam o reconhecimento por parte dele em ser fiel em sua execução. Semelhantemente, as *regras* representam as regras com as quais o agente está comprometido, incluindo aquelas para com a sociedade. Esses elementos também exercem pressão ou força sobre a tomada de decisão por parte do agente.

O regulador dessas forças ou energias é a *vontade*. Ela favorece certas *tendências*, que são as possibilidades de ação, em detrimento a outras. A vontade não é o ato intencional, visto que ela é inútil quando já existe uma intenção firme e única. Ela aparece quando há conflitos de tendências ou de intenções, como no caso de uma oscilação entre, por exemplo, o prazer tentador e um dever. Neste caso (e em análogos) sempre há uma tendência inferior mais forte (o prazer) e uma tendência superior mais fraca (o dever). A vontade consiste em reforçar a tendência superior e frágil, tornando-a vencedora. É assim que a vontade é uma regulação tornada reversível e, por isso mesmo, ela é comparável a uma operação. É ela, portanto, que define a ação a ser realizada pelo agente, a cada momento.

Em síntese, concebe-se que, para o sujeito epistêmico, é a escala de valores que define suas prioridades que influenciam no direcionamento de suas ações e pensamentos. Considerando que normalmente existem diversas possibilidades de ações, e que o interesse é a energia empregada naquilo que realmente interessa ao agente, os possíveis conflitos de tendências são regulados pela vontade, influenciada por compromissos e regras.

6) Sobre cooperação

Este trabalho sistematizou, discutiu e identificou os requisitos para os dois tipos de cooperação concebidos por Piaget, a *cooperação na ação* e a *cooperação no pensamento* (Seções 3.1.1 e 3.1.2).

A cooperação na ação é a realização conjunta de operações concretas que se coordenam entre si. Uma operação concreta é uma operação apoiada na realidade física, efetuada sobre objetos que podem ser manipulados e sua origem é motora, perceptiva ou intuitiva. Então, cooperar na ação consiste em ajustar cada uma das operações executadas pelos parceiros, por meio de novas operações (independentemente de suas naturezas qualitativas, físicas, matemáticas, etc.) de correspondência, de reciprocidade ou de complementaridade. E todas elas comporão um único sistema operatório resultante. Portanto, há isomorfismo entre o sistema individual de operações, o sistema resultante do processo de cooperação e o sistema

dos grupamentos operatórios, característicos da estrutura cognitiva operatória concreta.

A cooperação no pensamento é a realização conjunta de operações formais que se coordenam entre si. Uma operação formal é uma operação que supera o quadro das transformações efetuadas pela cooperação na ação porque as subordina a um sistema de combinações hipotético-dedutivas. Isto possibilita a realização de operações que exigem raciocínios, normalmente exaustivos e metódicos, sobre dois ou mais sistemas de referência, conjuntamente. As operações formais viabilizam, portanto, trocas de pensamento independentemente de ações sobre objetos físicos.

7) Sobre experimentos com agentes humanos

Foram realizados experimentos com pré-adolescentes, cujas estruturas cognitivas são características daquelas relatadas por Piaget, referentes ao período operatório concreto. Isso foi constatado através da análise da *Ambientação*, atividade inspirada em provas piagetianas, que foi proposta a eles.

Através da *Ambientação*, os pré-adolescentes responderam a questões que se referiam a um dos oito grupamentos lógico-matemáticos. As análises mostraram, principalmente através da facilidade com que a maioria deles respondeu corretamente às questões propostas, que suas estruturas cognitivas efetivamente atingiram o período operatório-concreto avançado, ou seja, eles estavam no início do período operatório formal.

Esta constatação concedeu à definição dos experimentos maior segurança quanto às atividades propostas e às respectivas análises, visto que se verificaram nos participantes as características descritas por Piaget para indivíduos desta faixa etária.

Foi definido, modelado e implementado, inicialmente para os pré-adolescentes e posteriormente estendido para os experimentos com agentes computacionais, o Jogo Cooperativo das Figuras Geométricas (JCFG). Este jogo viabilizou que se pudesse observar a cooperação na ação e demais elementos subjacentes a ela.

A cooperação na ação foi efetivamente praticada e observada pela alternância e sincronização de operações realizada pelos componentes dos grupos que jogavam contra o *Agente Jogador*, o adversário. No entanto, em se tratando de pré-adolescentes, e considerando as possibilidades que o JCFG oferecia em termos de estratégias para vencer o adversário, de construção conjunta de cada jogada, de acompanhamento de trocas de serviços em forma de débitos e créditos, enfim, em termos gerais da atividade prevista, algumas situações e resultados foram surpreendentes.

Apesar do atento planejamento, do cuidado com o desenvolvimento do software e em particular com a interface, da organização e atendimento aos grupos de pré-adolescentes, foi surpresa que a maioria deles, em ambas as etapas do estudo de caso, não elaboraram estratégias para vencer o adversário.

Alegaram conhecimento a respeito de assim proceder, ou seja, estavam conscientes de que, mesmo podendo aumentar as chances de vencer o adversário em combinando jogadas com os parceiros, não o fizeram. Afirmaram que estavam mais interessados em diversão, em jogar mais rapidamente para participar do momento de ação, em usar o *chat* para passar mensagens (que, para a maioria dos participantes, era uma novidade). Este fato foi entendido no contexto deste trabalho como um *egocentrismo de valores*.

O egocentrismo de valores decorre de uma perspectiva centrada na escala de valores individual, em detrimento à escala de valores social. Note-se que são os valores que contribuem na determinação dos interesses. No caso dos experimentos, poder-se-ia dizer que a escala social era constituída pelo conjunto dos valores dos participantes, válidos para aquele momento sincrônico, o que incluía aqueles dos coordenadores das atividades. Estavam em jogo, portanto, além dos valores e interesses dos pré-adolescentes (que em síntese se constituíam em diversão), os valores e interesses dos coordenadores (que em síntese se constituíram na realização completa de todas as atividades e possibilidades do jogo).

Entende-se que este egocentrismo é superado em situações partilhadas por dois ou mais indivíduos quando eles acabam por partilhar também os mesmos valores. Uma das conseqüências é que este conjunto de indivíduos pode assumir para si a responsabilidade de, por exemplo, resolver determinado problema. Esta situação gera valores que são coletivos, e são eles que são utilizados tanto do ponto de vista de geração de interesse quanto de parâmetro de avaliação das situações e atividades que motivam a organização do grupo.

O egocentrismo de valores foi perceptível nas atitudes dos participantes durante o jogo porque era de se esperar um certo equilíbrio entre o prazer (a diversão) e o dever (a execução de todas as atividades e possibilidades do jogo). Era de se esperar que os membros de um grupo estariam todos motivados para um único fim, ganhar do *Agente Jogador*, empenhando, para isso, todas as possibilidades, visto que não só se divertiriam como realizariam as atividades previstas.

Pela conduta apresentada, eles estavam, no entanto, mais interessados em se divertir do que em colaborar com o projeto de pesquisa. Grande parte deles não foi capaz, naquela situação, de levar em conta os valores subjacentes às atividades conjuntas requeridas pelo jogo, além de seus valores individuais. E, sem descentração de valores, a respectiva coordenação dos mesmos torna-se inviável, podendo acarretar a simples execução e alternância de operações individuais, sem efetivo envolvimento. O nível máximo de egocentrismo de valores foi notado em dois grupos que não conseguiram nem mesmo executar o jogo até o fim.

Pode-se dizer que a cooperação na ação foi satisfatória para os grupos que conseguiram levar uma partida até o final, com maior ou menor desequilíbrio com relação aos valores sociais. Esses grupos acertaram e erraram, foram vitoriosos ou não, mas alcançaram o prazer conjunto e a diversão que lhes interessava. Apenas, do ponto de vista dos coordenadores das atividades, frustraram em parte as expectativas decorrentes de seus interesses individuais.

Por outro lado, apesar de Piaget conceituar cooperação na ação como a simples alternância e sincronização de operações, do ponto de vista especialmente educacional, interessa mais do isso, interessam os frutos do processo de cooperação como um todo. Conclui-se daí que, se o egocentrismo de valores não é superado, ocorrem ações e trocas movidas pela necessidade, por fatores contingenciais. Portanto, pode haver cooperação na ação, mas as trocas não constituem, como disse Piaget, interações que podem modificá-los de maneira durável. Isso remete novamente aos elementos estimuladores da ação: os valores, os interesses, os compromissos, as tendências, as regras e a vontade.

Esses experimentos não forneceram subsídios suficientes (e nem era este o propósito) para analisar o conteúdo dos valores dos participantes. Também nada se pode dizer a respeito da sua maturidade. No entanto, é certo que os valores destes

indivíduos contribuíram em seus comportamentos. Ficou evidenciado que seus interesses os moviam em termos de atitudes e tomada de decisões. Suas principais prioridades referiam-se à diversão, às trocas de mensagens, à dinâmica do jogo em movimentar as peças, compô-las, descartá-las, brincar com os colegas. Enfim, o que ficou bastante claro foi a satisfação de estarem juntos realizando uma atividade diferente.

Este fato levou a considerar questões muito mais amplas (provavelmente idealistas), relativas ao processo educacional desses pré-adolescentes. A questão que se colocava era tentar identificar em que medida os valores que servem de subsídios na composição dos interesses desses indivíduos, os alunos, estão ou não coincidindo com aqueles dos professores, das escolas. O objetivo seria o de identificar em que pontos os respectivos interesses coincidem, para aí intervir.

Não obstante a possibilidade de os alunos executarem atividades que não lhes sejam de interesse direto, ao fazerem aquelas que correspondem a eles, entra em jogo a energia ou força dele decorrentes. E, com elas, os resultados e a satisfação de parte a parte (alunos e escola/professores) são diferenciados. Esta inquietação também contribuiu para a proposição dos Primeiros Princípios de um Processo de Modelagem de Trabalhos em Equipe (descrito no capítulo nove), como que uma tentativa, ainda que inicial, de contribuir com idéias para a melhoria do processo educacional, em particular, com respeito a trabalhos feitos em equipes.

Outra questão que pôde ser observada através dos experimentos realizados diz respeito ao uso do computador e à manipulação de objetos “virtuais” oferecidos por ele. Desde o momento da decisão em realizá-los, havia uma preocupação com relação ao fato de que, dentre as características do público-alvo em questão, está o fato de que esses indivíduos operam melhor em situações em que lidam com objetos reais do que em situações abstratas, justamente em função da estrutura cognitiva que possuem.

Notou-se que, ao solicitar aos pré-adolescentes que utilizassem tanto o baralho real quanto o disponibilizado pelo computador, que estas são atividades práticas que se aproximam muito. Talvez pelo cuidado na tentativa de elaborar uma interface intuitiva, cognitivamente, parece que foi indiferente tocar fisicamente nas peças para jogá-las ou apenas teclar sobre elas. Isto corrobora o construcionismo de Papert, em que ele defende o computador como meio para a realização de operações.

Esta é uma experiência que deveria ser aprofundada mais sistematicamente, a de verificar se, em outras situações a mesma atividade feita por indivíduos de diferentes idades no escopo do período operatório concreto (dos sete aos onze ou doze anos de idade, aproximadamente), são cognitivamente idênticas, visto que as conseqüências, em havendo a efetiva confirmação, reforçam o uso da informática na educação.

É preciso ressaltar que, mesmo sabendo de resultados positivos obtidos em trabalhos realizados em todo o Brasil em termos de informática na educação, pela revisão bibliográfica realizada, não se teve acesso a qualquer trabalho científico exatamente com este objetivo.

Outra questão que este trabalho indicou, em consonância com as observações feitas nos dois parágrafos anteriores, foi que o uso do computador mostrou-se bastante atrativo para os pré-adolescentes. Aliás, além de jogar em conjunto com colegas, por diversas vezes eles pediam para navegar na Internet. Com certeza não se trata de um modismo, mas de uma tendência. Não foi surpresa notar que indivíduos que nunca

tinham utilizado a Internet já sabiam alguns dos recursos que ela oferece, e explicitaram o grande interesse que tinham a respeito. Ora, se há interesse manifesto em utilizá-la, como tantas pesquisas já apontaram, este seria um dos pontos que poderia convergir em termos de interesses de alunos e professores/escolas, e ser um instrumento de uso conjunto por eles.

Uma última observação, ainda considerando os experimentos feitos com os pré-adolescentes, refere-se ao uso de um método alternativo ao Método Clínico. Optou-se por utilizar software como elemento viabilizador dos estudos e análises a serem feitas com os dois tipos de agentes, os humanos e os computacionais.

As grandes vantagens em utilizar software para apoiar este tipo de atividade são o fato de que condições muito semelhantes podem ser proporcionadas quantas vezes forem necessárias, além de se poder armazenar determinados comportamentos do usuário para análise detalhada posterior. Esses são fatores importantes quando o experimentador não tem (ou pelo menos não considera ter) condições suficientes para conduzir provas piagetianas de maneira correta e com suficiente isenção.

O que se fez foi conduzir os experimentos tendo como apoio o uso de software. Os softwares definidos e implementados assim o foram tendo como fundamento teórico a Epistemologia Genética, de onde se procurou extrair os principais conceitos associados às hipóteses originalmente levantadas para este trabalho, para que, através deles, se pudesse estudá-las e analisá-las.

Acredita-se que foi uma experiência válida e satisfatória. Como todo trabalho, contudo, também neste realizado, com certeza melhorias podem e devem ser feitas. Defende-se, porém, que este é um caminho alternativo e viável para experimentos piagetianos.

11.2 Quanto aos requisitos para agentes e sistemas multiagente

Este trabalho propôs, analisou e validou um conjunto de Requisitos Piagetianos para uma Arquitetura de Agentes e Sistemas Multiagente, chamado neste trabalho de RePiarq. O RePiarq está fundamentado na Epistemologia Genética e este é seu diferencial: estar fundamentado exclusivamente na Epistemologia Genética, uma teoria que propõe respostas para a questão de como o conhecimento se constrói, nos diversos períodos de vida de um indivíduo.

Assim, conforme seja a ênfase que se queira dar ao sistema multiagente, como, por exemplo, à cooperação, à aprendizagem, às operações, à percepção, etc., além de poder tomar como base o RePiarq, essas ênfases possuem suporte teórico suficiente para suprir lacunas que possam surgir durante o trabalho do projetista. Ou seja, caso o projetista necessite enfatizar aspectos relativos, por exemplo, à aprendizagem, independentemente do aprofundamento que queira dar ou da fase que queira abordar, encontrará na literatura piagetina informações ricas e suficientes para compreender a explicação teórica para ela.

Por certo o RePiarq pode ser aperfeiçoado, porém sua atual configuração constitui um passo na direção de construir *sistemas multiagente piagetianos*. E o primeiro elemento necessário para sua utilização é a intenção do projetista em modelar sistemas multiagente piagetianos. Tomada esta decisão, o próximo passo é considerar que regras, valores e sinais sociais e individuais, bem como suas correlações, fazem parte de indivíduos e grupos de indivíduos. Resumidamente, um agente modelado com o RePiarq é constituído, além de regras, valores e sinais sociais e individuais, por:

- 1) *Percepção*: uma capacidade determinada de captar informações do ambiente através dos observáveis e das coordenações.
- 2) *Memória*: local onde ficam armazenadas informações diversas a exemplo da seqüência das interações já realizadas e do registro/acumulação de valores de troca.
- 3) *Tendências*: que são as possibilidades de ação.
- 4) *Interesse*: a energia ou força aplicada na realização de uma ação.
- 5) *Compromissos*: operações com as quais o agente se compromete com relação a outros agentes.
- 6) *Vontade*: o mecanismo utilizado para a tomada de decisão.
- 7) *Cognição*: um mecanismo constituído por esquemas de ação.
- 8) *Planos*: são seqüências de ações.

De modo geral, esses elementos constituem o RePiarq, que representa um conjunto de requisitos que visam fornecer uma orientação conceitual com relação à modelagem de agentes computacionais piagetianos. Não se pretendeu com ele oferecer um trabalho pronto e acabado, mesmo porque tanto a teoria piagetiana quanto os estudos e pesquisas sobre agentes computacionais, áreas centrais e fundamentais do RePiarq, não estão todos prontos e acabados. Muitas contribuições podem ser feitas em ambas essas áreas, e por conseguinte, no próprio RePiarq.

Esses requisitos mostram uma concepção de como um agente piagetiano deveria ser modelado internamente. E talvez o seu principal mérito tenha sido o de sistematizar e propor um conjunto de requisitos que têm condições de constituir uma arquitetura para agentes computacionais denominados piagetianos.

O estudo teórico centrado principalmente nas obras de Piaget permitiu conceber os elementos estimuladores da ação do indivíduo, os valores, os interesse, as tendências os compromissos, as regras e a vontade, e os incluir no conjunto de requisitos. As questões com respeito à melhor maneira para construir valores, como sistematizar interesses e tendências, como compor e coordenar compromissos, como definir regras, e como determinar vontades, ainda estão por serem completamente respondidas, apesar de esforços já feitos e outros ainda sendo feitos neste sentido.

Corroborando os trabalhos de Drescher, Stojanov, Wazlawick, Muñoz, Perotto e outros, também se acredita que um dos pontos-chave na pesquisa sobre agentes piagetianos é, efetivamente, a aprendizagem (outro ponto-chave é a qualidade no uso e tratamento do conhecimento aprendido). A aprendizagem é difícil de ser compreendida na íntegra, porque também ela não está pronta e acabada, e, conseqüentemente, é difícil de ser modelada e implementada, visto que para isso requer muito da interpretação e modelagem que o projetista lhe dá. Além disso, é preciso também considerar os limites e potencialidades dos recursos de hardware e software atualmente disponíveis.

Por outro lado, os esforços de tantos outros pesquisadores que têm trabalhado com agentes normativos, dentre eles Dignum, Broersen, Castelfranchi, Norman, López y López, contribuem significativamente para o avanço de pesquisas considerando normas como elementos importantes em sistemas multiagente. Normas ou regras são apontadas por Piaget como elementos-chave nas sociedades, e sistemas multiagente podem ser vistos como tal.

Por fim, os trabalhos de Antunes, Rodrigues, Guye-Vuillème e Thalmann, Zlatev e outros, com vistas a discutir a questão dos valores, demonstram que esta concepção merece

ser melhor trabalhada. Neste contexto, o presente trabalho assinala quão importante são os valores e suas trocas na dinâmica multiagente. As questões para destacar são:

1) Quanto à validação e utilização do RePiarq

Os Requisitos Piagetianos para uma Arquitetura de Agentes e Sistemas Multiagente, que constituem o RePiarq, foram elicitados, analisados e validados conforme metodologia clássica de engenharia de software.

O processo de elicitação foi realizado através da bibliografia disponível, em especial, os trabalhos de Piaget e colaboradores, bem como a partir das observações decorrentes dos experimentos realizados com os pré-adolescentes. A análise e parte da verificação dos requisitos se deram através da sua prototipação. A validação final dos requisitos foi feita através da construção da versão cinco do Jogo Cooperativo das Figuras Geométricas. As modelagens e implementações das versões um a quatro, embora não tenham sido implementadas com o RePiarq tal qual descrito no capítulo seis, não lhe são incompatíveis, visto que constituíram versões menos evoluídas dele, e serviram para sua definição final.

Nos experimentos realizados, foi possível observar os agentes computacionais cooperando na ação, no sentido de Piaget. Em todas as versões implementadas, a cooperação aconteceu, visto que em todas elas os agentes necessariamente tiveram que cooperar para que as partidas fossem realizadas.

Foi possível observar também, tal como colocado por Piaget, que a linguagem não é pré-requisito para a cooperação na ação, a exemplo do que ocorre com a cooperação no pensamento. Apesar de não ter tido a finalidade de efetuar esta verificação (tanto que as implementações das cinco versões contemplaram mecanismo de comunicação entre os agentes), notou-se que seu emprego foi subutilizado. Em outras palavras, a comunicação entre os agentes, nessas implementações, com exceção da última delas, poderia não ter sido disponibilizada e a cooperação na ação mesmo assim se efetivaria.

Independentemente das características dos agentes, quer reagentes, individualistas ou cooperativos, eles necessariamente tiveram que operar em comum para elaborar suas jogadas, incluindo o *Agente Jogador*, que também cooperou na ação de concluir as partidas.

Do ponto de vista interno do processo de cooperação, foi possível interpretar como Piaget as operações identificadas por ele como sendo decorrentes e constitutivas da cooperação (operações semelhantes que se correspondem por suas características comuns; operações recíprocas ou simétricas; operações complementares; operações de medida), e suas respectivas propriedades fundamentais (a composição, reversibilidade, idêntica geral, idêntica especial e associatividade), além do uso de valores.

Assim, as operações de classificação e relação, mesmo empregadas em um domínio específico e limitado, foram utilizadas pelos agentes em suas ações. Portanto, pode-se dizer que os objetivos do trabalho de tese foram contemplados, visto que foi possível, através de uma interpretação da cooperação humana, estendê-la para agentes computacionais.

11.3 Quanto à articulação “informática e educação”

Em 1994, Rocha Costa já vislumbrava perspectivas de cooperação entre a Inteligência Artificial Construtivista (IAC) e a Informática na Educação (IE). Naquele artigo ele apontava os dois mecanismos coletivos que julgava mais importantes em uma ação cooperada, que seriam a “[...] composição de ações individuais em ações sociais” e a “[...] coordenação das ações individuais e sociais em processos sociais.” (COSTA, 1994, pg. 196).

É neste contexto que se insere a proposição dos Primeiros Princípios de um Processo de Modelagem de Trabalhos em Equipe. Eles foram apresentados no capítulo nove, muito embora tenham sido elaborados de maneira aligeirada e sem as devidas verificações e comprovações que requerem, devido ao esgotamento do tempo destinado ao desenvolvimento do trabalho de tese. Entendeu-se que, do estudo feito a respeito da cooperação em Jean Piaget, articulado à pesquisa sobre agentes computacionais, aliado à preocupação da maioria dos professores com relação a trabalhos feitos em equipes (incluindo a da autora), poder-se-ia tentar esboçar um roteiro que pudesse contribuir com as questões ligadas à proposição e acompanhamento deste tipo de trabalho.

A principal constatação que motivou a listagem e organização desses primeiros princípios foi o fato de que a revisão bibliográfica mostrou que existem os mais diferentes tipos de trabalhos em equipes e, como tal, apresentam uma maior ou menor variedade de variáveis que, muitas vezes, acabam por não serem levadas em conta, tanto por proponentes quanto por executores, talvez por serem consideradas como de senso comum.

A proposição desses primeiros princípios decorreu também do fato de que o presente trabalho mostrou que a pesquisa sobre agentes computacionais pode contribuir para a explicitação dessas variáveis, uma vez que, ao modelar um sistema multiagente, é preciso que se tenha resposta a elas. E, por entendê-las como igualmente importantes para a compreensão e acompanhamento do processo do trabalho em equipe, e por isso mesmo, na medida do possível, devem ser explicitadas, é que foram propostos estes princípios.

Assim, esses primeiros princípios foram construídos partindo da área de sistemas multiagente (computacional) tendo em vista o trabalho pedagógico desenvolvido por agentes humanos (educacional). Desta maneira, foi possível estabelecer uma relação triangular: partir das informações da Epistemologia Genética, interpretá-las e aplicá-las a agentes computacionais e, a partir deles, fazer inferências quanto à proposição e acompanhamento de trabalhos em equipes.

É interessante notar que, apesar de muitas das características de agentes computacionais terem sido inspiradas em agentes humanos, ao que parece, até então, ainda não tinha sido feito um trabalho no sentido inverso. Ou seja, retomar essas mesmas características e empregá-las para o estudo e a pesquisa com agentes humanos.

É assim que esses Primeiros Princípios de um Processo de Modelagem de Trabalhos em Equipe abrem possibilidades de trabalhos tanto teóricos quanto práticos, e tanto pedagógicos quanto computacionais. Além disso, representam uma efetiva articulação entre a Informática e a Educação, rumo ao que já apontava Rocha Costa particularmente quanto à composição e coordenação de ações individuais em ações sociais.

11.4 Quanto a trabalhos futuros

Como mencionado na introdução deste trabalho, a conclusão de uma tese constitui apenas a passagem de uma fase a outra, visto que o estudo e a pesquisa continuam. Sendo

assim, diversas são as possibilidades de realização de trabalhos futuros, mas os principais são destacados a seguir.

1) Retomar o Ensaio de Lógica Operatória considerando a Lógica de Significações

Acredita-se ser extremamente produtivo e útil fazer um trabalho multidisciplinar com a obra “Ensaio de Lógica Operatória” (PIAGET, 1976) já considerando a obra “Hacia una Logica de Significaciones” (PIAGET; GARCIA, 1987). A idéia é retomar o primeiro texto, cujo original é de 1949, visando atualizá-lo e revê-lo.

Propõe-se que o texto seja reescrito com uma linguagem mais moderna, com exemplos mais atuais, eliminando as incorreções, quer de ordem gráfica ou proposicional, e incluindo novos dados, tudo isso à luz da última obra de Piaget, concluída por Rolando García (PIAGET; GARCIA, 1987).

Esses autores mostraram que, já nos níveis pré-operatórios, o conhecimento envolve inferências, ou seja, a criança é capaz de fazer suposições sobre significações. Nesta obra (que para Piaget é póstuma), esses autores defendem que existe uma lógica de significações que é anterior à lógica formal, e que se fundamenta sobre implicações entre significações.

Isso indica um outro caminho para as origens da lógica. Ela poderia não estar fundada na lógica das classes e relações (como foi dito neste trabalho e como disse Piaget durante toda sua vida, mesmo nesta última obra em que se preocupou em fazer correlações entre esta nova concepção e a anterior). A lógica poderia estar baseada em inferências.

Então, seria interessante retomar com atenção a sugestão dada por Rolando Garcia e estudar as implicações entre ações. Para conduzir uma análise desta forma de implicação é necessário, contudo, retornar tanto quanto possível na evolução psicogenética.

Ora, este retorno às origens psicogenéticas sugere também outro trabalho, que, extenso e delicado como o anterior (especialmente sem a coordenação pessoal de Jean Piaget), poderia ser paralelo a ele. É o estudo de como os valores se configuram desde cedo. Isto está sendo pensado porque a realização deste trabalho mostrou a importância dos valores na conduta humana, e pouco se sabe sobre eles.

Retornando à questão da reescrita de “Ensaio de Lógica Operatória”, um das questões em aberto é a formalização da noção de grupamento. Um grupamento é uma estrutura “intermediária” entre o grupo e o reticulado, que não foi efetivamente formalizada na época porque poderia penalizar a idéia original de Piaget (apesar das reconhecidas tentativas de Jean-Blaise Grize).

Piaget qualifica os conteúdos com os quais lidam os grupamentos e por este motivo empregou classes fracamente estruturadas e relações intensivas na tentativa de estabelecer os significados entre as expressões e os objetos. Portanto, aparentemente, os motivos da não-formalização dos grupamentos decorrem do fato de que as estruturas convencionais da Matemática são dotadas de sintaxe, mas não de semântica, como a quer Piaget.

Acredita-se, porém, que já existam estudos e teorias matemáticas atuais que possam, se não dar essa formalização aos grupamentos piagetianos, fazer pelo menos uma melhor aproximação a eles. A Teoria das Categorias pode ser uma fonte promissora de idéias nesse sentido, mas é preciso que isso seja verificado com a devida atenção.

2) Melhorias e novas abordagens com os trabalhos feitos com pré-adolescentes

Uma das sugestões, quanto aos trabalhos feitos com pré-adolescentes, seria, além de aperfeiçoar as questões da *Ambientação*, aplicar uma abordagem estatística a ele, tendo o acompanhamento de psicólogo piagetiano.

3) Melhorias e novas abordagens com os trabalhos feitos com agentes computacionais

Algumas são as propostas para trabalhos futuros decorrentes das atividades feitas com agentes computacionais descritas neste trabalho. A seguir elas são pontuadas.

Uma das possibilidades é aplicar o RePiarq em atividades que envolvam Simulações Multiagente. A Simulação Multiagente ocorre quando há transposição da população de um *sistema-alvo* para um *modelo conceitual* equivalente, seguido da codificação deste modelo para um *modelo computacional*. Neste caso, um agente corresponde a uma entidade do sistema-alvo, ou um grupo delas (MARIETTO, et al., 2002). Portanto, as Simulações Multiagente permitiriam efetuar análises de sociedades artificiais específicas. Em particular, já que essas análises permitem que o pesquisador abstraia relações físicas, sociais, psicológicas, econômicas, etc., o uso do RePiarq pode ser um passo na direção de construir sociedades de agentes piagetianos visando aprofundar, por exemplo, o estudo do desenvolvimento das estruturas cognitivas aos moldes de Piaget. Portanto, a ênfase estaria justamente na aprendizagem, que, como mencionado, é um dos tópicos importantes no contexto dos estudos e pesquisas em agentes computacionais.

Outra sugestão decorre das observações efetuadas através um dos experimentos realizados objetivando definir o RePiarq (cuja síntese está na Seção 6.4.1.3), em que foi utilizada a técnica de Raciocínio Baseado em Casos. Com aquele experimento, observou-se que esta técnica é bastante promissora em se tratando de tentar estabelecer um mapeamento entre o modelo teórico proposto por Piaget para o funcionamento básico das estruturas de esquemas e sua respectiva implementação computacional, por dois motivos em especial. Primeiro porque um caso pode ser interpretado como sendo um esquema ou composto por um conjunto de esquemas. Segundo, porque esta técnica permite a geração de novos casos em decorrência das interações, tal como ocorre nos seres humanos quando da constituição de novos esquemas.

Uma possibilidade interessante é retomar o JCFG e implementar os agentes com estruturas isoladas, ou processos isolados. A solução mais simples seria o uso de *threads*¹³⁴, que, além de possibilitar um melhor uso da comunicação, tornaria o sistema mais flexível, facilitando o trabalho de estendê-lo para um número maior de agentes. Com agentes isolados, o ambiente deveria possibilitar a comunicação entre esses agentes, e qualquer relacionamento direto entre eles só ocorreria mediante comunicação. Caso os agentes fossem implementados em processos distintos, seria interessante o funcionamento em diferentes terminais de computador, abordando assim novas questões, como sistemas distribuídos, especialmente a comunicação entre esses sistemas.

¹³⁴ Uma *thread* pode ser definida como um fluxo de execução dentro de um processo e consiste em um contador de instruções, um conjunto de registradores e um espaço de pilha (SIBERSCHATZ; GALVIN, 2000).

Nesta mesma retomada da implementação do JCFG, a proposta seria incluir melhorias nos mecanismos de inteligência dos agentes, que poderiam ser baseados em heurísticas ou outras técnicas de IA.

Outra proposta seria possibilitar a participação de humanos nas equipes, de maneira que agentes humanos participariam junto com agentes computacionais nas partidas. Seria interessante observar as relações entres esses dois tipos de agentes. Esta união de agentes e humanos permitiria inclusive aplicar o *Teste de Turing*. Este teste afirma que uma máquina é inteligente se, interagindo com um humano, este não conseguir dizer se é uma máquina ou outro humano interagindo com ele.

4) Sobre princípios de um processo de modelagem de trabalhos em equipe

É preciso fazer um trabalho rigoroso a partir das idéias postas nos Primeiros Princípios de um Processo de Modelagem de Trabalhos em Equipe, objetivando melhorá-lo e validá-lo, preferencialmente, dentro de um grupo multidisciplinar. Concluído este trabalho, que inclui as devidas análises teórico-conceituais bem como as verificações práticas necessárias, sugere-se, a disponibilização do mesmo em um sistema para ser utilizado isoladamente via *web*, ou agregado a ambientes virtuais de ensino e aprendizagem.

Anexo 1 - Passagem da estrutura de grupamento para a de grupo

Para descrever as operações entre os objetos em classes e em relações emprega-se uma “*Linguagem Conjuntista Fraca*”¹³⁵ (LCF). A LCF preserva as características qualitativas dos elementos. Em uma LCF considera-se que as propriedades das operações de reunião, interseção e de complemento são simbolizadas na *Teoria dos Conjuntos* (TC), respectivamente, por \cap , \cup e $\bar{\cdot}$. Essas operações constituem a chamada *Álgebra dos Conjuntos* (AC), que é isomorfa à *Álgebra das Proposições* (AP) (LIPSCHUTZ, S., 1972). Esse isomorfismo é no sentido de que faz corresponder ao conjunto \emptyset o conjunto das proposições logicamente falsas, e, ao conjunto fundamental U , o conjunto das proposições logicamente verdadeiras. Essas operações, *convenientemente adaptadas*, são empregadas para descrever as operações na *Teoria dos Grupamentos* (TG).

Note-se, inicialmente, que, na TC, pode-se dizer que: um conjunto “abstrato” é um conjunto cujos elementos são desprovidos de propriedades; entre os elementos de um conjunto abstrato não existem outras relações além daquela que distingue dois elementos diferentes $x \neq y$ e da que identifica um elemento com ele próprio $x = y$; e que, entre os elementos de um conjunto abstrato X e esse conjunto existe apenas a relação de pertinência $x \in X$.

Assim, sendo os elementos dos conjuntos concretos providos de propriedades, eles não constituem uma estrutura para a TC. Quando se nega toda qualidade, sai-se do domínio da *lógica dos conjuntos concretos* (Teoria dos Grupamentos) para adentrar a *lógica dos conjuntos abstratos* (Teoria dos Conjuntos).

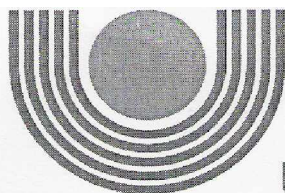
A passagem dos grupamentos para os grupos, protótipo por excelência de estrutura algébrica, pode ser feita combinando a adição das classes e as relações assimétricas. A transformação dos grupamentos da adição das classes e da adição das relações assimétricas no grupo aditivo dos números inteiros requer a satisfação das seguintes condições (PIAGET, 1976, p. 201):

- 1) *Supressão das limitações devidas à contigüidade*: as relações de complementaridade entre as classes X e $\bar{\alpha}_X X$ em Y ; Y e $\bar{\alpha}_Y Y$ em Z , etc. o que significa um relacionamento direto das classes elementares entre si; o número desenha as unidades para conferir-lhes uma mobilidade operatória completa, cuja consequência é a perda da significação qualitativa.
- 2) *Generalização da equivalência e da similitude*: o que significa uma substituição possível entre quaisquer elementos, independentemente de seus encaixes.
- 3) *Supressão da tautologia em proveito da iteração*: que é feita por combinação da adição de uma classe $X + X$ e da adição de uma relação $\xrightarrow{+a}$ com elas mesmas, o que torna possível a composição direta de toda unidade com outra.

Essas *três diferenças essenciais* entre o “grupamento lógico” e entre o “grupo numérico” resultam em liberar os elementos ou as partes de suas totalidades encaixantes para ligá-las diretamente umas às outras.

¹³⁵ Neste trabalho não se objetiva, ao empregar a LCF, caracterizar totalmente os grupamentos piagetianos. O sentido da aplicação dessa abordagem visa, sobretudo, reescrever parte do formalismo de Piaget sob uma notação mais atual e que mantenha a consistência do texto deste trabalho. Eventualmente abordagens que considerem os “Predicados Conjuntistas de Suppes”, etc. (COSTA, 1977), (KRAUSE, 2002), ou mesmo a “Teoria das Categorias” (MENEZES; HAEUSLER, 2001) possam ser abordagens mais apropriadas no sentido se objetivar uma formalização dos grupamentos piagetianos. Tal formalização foi tentada por Piaget e seu colaborador J. B. Grize no final da década de 1960, sem êxito total.

Anexo 2 - Parecer do Comitê de Ética da Unioeste



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos

PARECER 080/2005-CEP


Súmula: Aprovação de Proposta de Projeto de Pesquisa

O Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, reunido em sessão ordinária no dia ,05/05/05 Ata 005/05, **APROVA** o projeto abaixo especificado.

Protocolo: 014800/2005
Pesquisador: Claudia Brandelero Rizzi
Projetotos: Um jogo Computacional envolvendo a Cooperação na ação Piagetiana:
Um estudo de Caso

Em atendimento à Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde, deverá ser encaminhado ao CEP o relatório final e/ou a publicação dos resultados do projeto, bem como a comunicação de qualquer intercorrência, mudança na metodologia ou a sua interrupção.

Cascavel, 09 de junho de 2005.


Adriane de Castro Martínez Martins
Coordenadora do CEP

Anexo 3 - Exemplo de arquivo com respostas da ambientação: fase I

1) Exemplo de arquivo contendo as respostas da ambientação – fase I

Nome do Usuário: Felipe

Idade: 11

Série do aluno: 6^a série

Data: 26/10/2004.

Ambientação: Grupamento Aditivo de Classes: Conseguiu na Primeira Vez

Ambientação: Grupamento Aditivo de Classes: Conseguiu na Primeira Vez

Ambientação: Grupamento Aditivo de Classes: Conseguiu

Ambientação: Grupamento das Vicariâncias: Conseguiu

Ambientação: Multiplicação Co-unívoca: Conseguiu

Ambientação: Grupamento Multiplicação Biunívoca: Conseguiu

Ambientação: Grupamento adição das relações assimétricas transitivas: Errou

Ambientação: Grupamento adição das relações assimétricas transitivas: Conseguiu

Ambientação: Grupamento adição das relações Simétricas: Errou

Ambientação: Grupamento adição das relações Simétricas: Conseguiu

Ambientação: Multiplicação Co-unívoca das relações: Errou

Ambientação: Multiplicação Co-unívoca das relações: Errou

Ambientação: Multiplicação Co-unívoca das relações: Conseguiu

Ambientação: Multiplicação Biunívoca das relações: Conseguiu

Anexo 4 - Roteiro para a entrevista: fase I

Roteiro para a entrevista – Fase I

Nomes dos membros da equipe:

Nome: _____ idade: ____ Série: __

Nome: _____ idade: ____ Série: __

Nome: _____ idade: ____ Série: __

- 1) Formou grupo de () 2 ou () 3 parceiros
- 2) Porque escolheu esse(s) parceiro(s)? (Verificar se são parceiros para trabalhos conjuntos na escola, e se sim, há quanto tempo, o que costumam fazer junto, enfim... se eles são amigos).
- 3) Costumam usar computador? () sim () não.
- 4) Se sim, gostam de usar o computador? () sim () mais ou menos () não.
- 5) Têm computador em casa? () sim, todos têm () sim, 1 ou 2 tem () não.
- 6) Foi difícil aprender a jogar? Se sim, por quê? (Notar se, para algum aluno, foi mais complicado aprender, se sim, perguntar exclusivamente para ele porque foi difícil aprender).
- 7) Explicar quais são as regras do jogo (Colocar aqui as palavras dos alunos de quais são as regras).
- 8) Acharam difícil responder às perguntas da ambientação? Quantas questões acertaram? Se erraram alguma questão, por que acham que erraram? (Descobrir a justificativa dos que erraram).
- 9) Achou mais interessante jogar com ou sem computador? () com () sem. Por quê?
- 10) Alguém no grupo foi mais líder do que o(s) outro(s)? Por quê? (Por exemplo, se um deles tentou comandar as jogadas o tempo todo, ou gritou com os companheiros, ou se todos foram iguais).
- 11) Em algum momento alguém ficou chateado com o outro? (Por exemplo, se um deles jogou sem consultar o(s) outro(s) ou se “mandou” no jogo ... Se sim, verificar por quê).
- 12) Vocês chegaram a criar alguma estratégia para tentar ganhar do computador? (importante).
- 13) Vocês ganharam ou perderam do computador? () ganharam () perderam.
- 14) Qual o segredo para ganhar do computador e qual é a “melhor” jogada? (importante).
- 15) Gostaram de jogar? () sim () mais ou menos () não. Por quê?
- 16) Conseguiu ajudar o colega a jogar? () sim () não (Descobrir a opinião de cada um). Por qu?
- 17) O que achou de mais interessante no jogo?
- 18) O que achou de menos interessante no jogo?

- 19) Modificaria alguma coisa no jogo? Se sim, o quê?
- 20) Gostou da estética do programa? (Interface: cores, tamanhos, beleza) () sim () não. Dizer o que mais agradou/desagradou.
- 21) Foi fácil se comunicar com o(s) colega(s) através do programa (chat)? () sim () não. Por que?
- 22) Teria vontade de jogar mais vezes o jogo? Por quê?
- 23) Teriam vontade de jogar o terceiro nível do jogo? Por quê?
- 24) Este jogo pode ser denominado “cooperativo”? () sim () não (Descobrir o conceito que eles tem sobre cooperação). Por quê?
- 25) Se fosse outro(s) colega(s) jogando, acha que o resultado poderia ser o mesmo obtido? () sim () não. Por que?
- 26) Que características um colega deve ter para poder trabalhar bem em grupo com vocês?

Anexo 5 - Exemplo de arquivo com respostas da ambientação: fase II

A seguir, é apresentado o conteúdo de um arquivo contendo as respostas da *Ambientação*, fase II. Note-se que, por tratar-se de um exemplo na íntegra, não foi feito nenhum tipo de tratamento no mesmo, nem mesmo os que se referem a erros, inclusive de ortografia, cometidos pelo usuário.

Nome do Usuário: Débora

Idade:

Data: 5/3/05

Ambientação: Grupamento Aditivo de Classes: Acertou questão positiva!

Foram separadas todas as figuras vermelhas!

Resposta: Não

Por que?

Porque: porque tem outra em cima

Ambientação: Grupamento das Vicariâncias: Errou

Ambientação: Grupamento das Vicariâncias: Conseguiu

Foram separadas no segundo quadro, a partir do primeiro quadro, todos os triângulos amarelos?

Resposta: Não

Por que?

Porque: porque tem uma no outro quadro

Ambientação: Multiplicação Co-unívoca: Errou

Ambientação: Multiplicação Co-unívoca: Acertou questão positiva!

Foram separados todos os círculos grandes!

Resposta: Não

Por que?

Porque: porque tem outro em cima

Ambientação: Grupamento Multiplicação Biunívoca: Acertou questão positiva!

Foram separadas todas as figuras grandes e amarelas!

Resposta: Sim

Tem certeza: Sim

Foram separadas todas as figuras grandes e pretas!

Resposta: Sim

Tem certeza: Não

Foram separadas todas as figuras grandes e pretas!

Resposta: Sim

Tem certeza: Sim

Foram separadas todas as figuras verdes com quatro lados!

Ambientação: Grupamento Multiplicação Biunívoca: Errou

Ambientação: Grupamento Multiplicação Biunívoca: Acertou questão positiva!

Foram separadas todas as figuras grandes e azuis!

Resposta: Não

Por que?

Porque: porque tem uma pequena junto.

Ambientação: Grupamento adição das relações assimétricas transitivas: Acertou questão positiva!

Foram ordenadas todas as varetas em ordem decrescente!

Resposta: Não

Por que?

Porque: porque tem pesas trocadas

Ambientação: Grupamento adições de relações simétricas: Acertou questão positiva!

Em relação a figura pai, as demais figuras marcadas correspondem a todos os seus netos!

Resposta: Não

Por que?

Porque: porque o neto 4 não está marcado

Ambientação: Grupamento multiplicação co-unívoca: Errou questão positiva!

Ambientação: Grupamento multiplicação co-unívoca: Acertou questão positiva!

Em relação a figura neto5, se neto5 é irmão de neto6, e neto6 é filho de filho4, então neto5 é pai de filho4!

Resposta: Sim

Tem certeza: Sim

Em relação a figura neto5, se neto5 é irmão de neto6, e neto6 é filho de filho4, então neto5 é pai de filho4!

Resposta: Não

Por que?

Porque: porque não pode

Ambientação: Grupamento multiplicação biunívoca: Acertou questão positiva!

As figuras estão organizadas, considerando da esquerda para a direita, do menor para o maior e a relação entre os animais está correta!

Resposta: Não

Por que?

Porque: porque o cachoro não casa o rato

Anexo 6 - Roteiro para a entrevista: fase II

Roteiro para a entrevista – Fase II

Nomes dos membros da equipe: Data ____/____/____

Nome: _____ idade: ____ Série: _

Nome: _____ idade: ____ Série: _

Nome: _____ idade: ____ Série: _

- 1) Vocês costumam usar computador (em casa / na escola)? () sim () não.
- 2) Sabem digitar? () sim () não.
- 3) Se sim, gostam de usar o computador? () sim () mais ou menos () não.
- 4) Acharam difícil responder às perguntas da ambientação? Erraram alguma questão? Se erraram, por que acham que erraram?
- 5) Foi fácil aprender a jogar? Comentar.
- 6) Ditar as regras do jogo “sem a tabela” (Transcrever nas palavras dos alunos).
- 7) Gostaram de jogar? () sim () mais ou menos () não.
- 8) Gostaram mais de jogar o jogo simples ou o “com tabelas”? () simples () com tabelas () ambos. Por quê? No jogo com tabelas houve mais competição?
- 9) Alguém no grupo foi mais líder do que os outros? (Por exemplo, se um deles tentou comandar as jogadas, ou se alterou com os companheiros, ou se todos foram iguais).
- 10) Vocês ganharam ou perderam do computador? () ganharam () perderam () ambos.
- 11) Gostaram da estética do programa? (Interface: cores, tamanhos, beleza) () sim () não. Dizer o que mais agradou/desagradou.
- 12) O que acharam de mais e de menos interessante no jogo? O que mudariam no jogo?
- 13) Vocês combinavam as jogadas antes de jogar? () sim () às vezes () não.
- 14) Aumentariam as chances de vitória caso combinassem cada jogada? () sim () talvez () não. Comentar.
- 15) Vocês criaram alguma estratégia para tentar ganhar do computador? Se sim, qual?
- 16) Alguém conseguiu ajudar um colega a jogar melhor? (Por exemplo, definir uma jogada) () sim () não. Exemplificar.
- 17) O que faz um colega ajudar o outro? Normalmente vocês ajudam colegas e não colegas, por quê?
- 18) Expliquem, com um exemplo de uma jogada, como vocês raciocinaram para realizá-la.
- 19) Foi fácil se comunicar com os colegas através do programa (chat)? () sim () não.
- 20) Por quê (problemas c/datilografia)?

- 21) Vocês se comunicaram sem o programa (chat)? Conversaram? () sim () não.
- 22) Foi melhor? Por quê?
- 23) Julgam que jogaram o jogo quantidade de vezes suficiente para dominá-lo? () sim () não. Comentar.
- 24) Este jogo pode ser denominado cooperativo? () sim () não. Qual o conceito de cooperação?
- 25) Se outro colega jogasse com vocês, o resultado seria o mesmo? () sim () não. Por quê?
- 26) Porque formaram este grupo para esta atividade? (Verificar se são parceiros para trabalhos conjuntos em sala de aula, o que costumam fazer juntos, se há frequência).
- 27) Como vocês costumam escolher parceiros para trabalhar em grupos (depende da atividade, pela confiança, responsabilidade, amizade, necessidade...)? Ou é sempre o mesmo grupo (Se for sempre o mesmo grupo, verificar se são abertos, fechados ou semi, à entrada de outros)?
- 28) Quando vocês trabalham juntos, vocês têm um método (Cada um faz uma parte ou todos trabalham juntos)?
- 29) Quando vocês trabalham juntos, vocês se comunicam / se entendem bem? (Há algum mecanismo de comunicação especial entre eles? – gírias, sinais).
- 30) Quando vocês trabalham juntos, vocês:
- São sempre honestos?() sim () não () às vezes.
 - Confiam uns nos outros? () sim () não () às vezes.
 - Assumem tarefas? () sim () não () às vezes.
 - Delegam tarefas? () sim () não () às vezes.
 - Há igualdade? () sim () não () às vezes.
 - Há reciprocidade? () sim () não () às vezes.
- 31) Quando vocês trabalham juntos, como vocês tomam decisões? (Conversam, combinam).
- 32) Antes de fazer o trabalho, vocês fazem planos de ação? Como? E se houver desentendimento?
- 33) O que mais deixa um grupo motivado para trabalhar junto? É o caso de vocês?
- 34) Qual é o segredo para um grupo trabalhar bem? Os professores deveriam explorar esta técnica?
- 35) Vocês preferem trabalhar sozinhos ou em grupo? Por quê?
- 36) Qual a principal qualidade e o principal defeito do seu parceiro?

Nome	Qualidade	Defeito

- 37) Essas qualidades e defeitos interferem no trabalho do grupo? Mesmo com defeitos, há respeito?

Anexo 7 - Explicações sobre uso do formulário de constituição, modelagem e elaboração do planejamento de atividades do trabalho em equipe

1) Identificar o tema e definir o objetivo geral do trabalho

O grupo deve identificar o tema ao qual o trabalho está relacionado, bem como definir o seu objetivo geral. Em alguns casos, um ou mais temas são propostos e deixados a critério dos grupos a escolha do enfoque, delineamento ou objetivo. Mesmo nestes casos o grupo deve explicitar o tema e o objetivo geral do trabalho. Por exemplo, poderia ser proposto um trabalho cujo tema seria a “evolução das espécies”. Dentro dele, o objetivo é fazer um estudo sobre a “era mesozóica”, período em que surgiram e desapareceram os dinossauros.

2) No contexto do objetivo geral do trabalho, cada participante deve explicitar e definir seu objetivo individual

Depois de ter sido identificado o tema e definido o objetivo geral do trabalho (questão 1), cada participante deve definir seus objetivos individuais, visto que cada um possui valores únicos, individuais. Isto faz com que seus objetivos, interesses e conseqüente motivação sejam também individuais. Se cada participante explicitar, a partir do contexto do objetivo geral, seus objetivos específicos, maior clareza o grupo terá com relação às motivações de cada componente, e, assim, terá melhores condições de extrair daí subsídios para construir uma solução conjunta que, além de atender à especificação do objetivo geral, atenda também aos anseios individuais de seus integrantes.

Por exemplo, no contexto do trabalho sobre a era mesozóica, um participante pode estar interessado na alimentação dos animais existentes neste período; outro pode estar interessado nos animais marinhos, ou nos animais alados; outro, nos fósseis e esqueletos; outro, nas características da flora. Este tipo de atividade pode também desencadear os sentimentos de respeito mútuo, igualdade e reciprocidade, fundamentais em atividades coletivas, visto que faz com que os integrantes do grupo se exponham mais a seus companheiros. O que se pretende, portanto, é fazer propiciar este momento de reflexão e síntese conjunta a fim de compatibilizar os objetivos individuais com os objetivos gerais do grupo. Se isso acontece, pode-se inferir que o grupo trabalha de maneira mais coesa e motivada.

3) Tomando como referência as definições das duas questões anteriores (identificação do tema e definição do objetivo individual), definir em conjunto os objetivos do grupo

Nesta questão o grupo deve, já situado com relação ao tema, ao objetivo geral do trabalho e aos interesses particulares de cada um dos participantes, definir em conjunto seus próprios objetivos. Esta fase envolve negociação, visto que, em muitos casos, não é possível contemplar todos os interesses individuais. Isto pode decorrer de diversos motivos, dentre eles, a escassez de recursos, o que inclui o fator tempo.

No contexto do trabalho sobre a era mesozóica, o grupo pode chegar à conclusão de que, para atingir o objetivo proposto, para atender também aos interesses individuais, é necessário aprofundar apenas um aspecto, o dos animais característicos daquele período. Poderia também optar por ampliar os subtemas a fim de facilitar a abordagem. Enfim, o que

interessa é que o grupo defina, com conjunto e de maneira autônoma, os objetivos que deverão ser atingidos através do trabalho que será realizado por eles.

4) Pontuar o conhecimento que o grupo possui (no momento) sobre o trabalho, e explicitar as habilidades dos participantes

Esta questão do roteiro está dividida em duas partes distintas: a primeira diz respeito ao conhecimento do grupo sobre o tema do trabalho, e a segunda sobre as habilidades de cada um dos participantes. Na primeira parte, o grupo deve refletir e sistematizar o conhecimento que possui sobre o trabalho. É a ocasião em que verifica, por exemplo, se algum dos componentes têm visão do todo, ou se conhece particularidades do tema, ou se sabe sobre alguma referência que possa ser importante para todo o grupo.

É assim que todos os membros passam a se identificar com relação ao conhecimento, inclusive técnico, que cada componente possui. A segunda parte visa a fazer com que cada membro do grupo exponha e, posteriormente, relacione suas habilidades tendo em vista o objetivo a ser alcançado. No contexto do trabalho sobre a era mesozóica, por exemplo, pode-se identificar que o grupo sabe que a era mesozóica engloba os períodos *triássico*, *jurássico* e *cretácio*, e que foi no primeiro deles que os dinossauros apareceram e no último que eles desapareceram. Não se sabe, porém, as datas desses períodos e nem sobre as novas descobertas da paleontologia, o que interessa ao grupo. Sabe-se que havia animais carnívoros e herbívoros, mas não se sabe relacionar suas principais características, o que também interessa para o grupo. Assim, ao executar esta parte do roteiro, pode-se identificar que determinado companheiro do grupo pode reunir, com relativa facilidade, informações a respeito dos animais característicos daquele período. Que outro tem como reunir informações sobre aquele ecossistema.

Outro tem habilidade na sistematização de informações. Este é, portanto, o momento da tomada de consciência sobre o conhecimento e as habilidades de cada membro do grupo, e permite vislumbrar as possibilidades de composições entre elementos como possibilidades potenciais de atividades futuras. Tanto do ponto de vista dos agentes humanos quanto dos computacionais, de modo geral, esta etapa viabiliza a organização dos grupos.

5) Definir as regras valores para elaboração do trabalho

Nesta fase são definidas as regras que serão utilizadas no desenvolvimento do trabalho. Para isso, os componentes explicitam os requisitos considerados por eles como imprescindíveis para que um trabalho em grupo seja realizado com sucesso. Note-se que, ao assim proceder, cada componente precisa recorrer à sua escala de valores, visto que é dela que esses requisitos decorrem.

Por exemplo, algum membro do grupo pode considerar que a responsabilidade e o empenho são fundamentais. Outro, que são os compromissos e a pontualidade. Enfim, tendo apresentado e discutido esses requisitos, procede-se à elaboração de uma relação dos aspectos mais valorizados pelos membros. Esta relação deve ser assumida e seguida pelos membros como as regras daquele grupo de trabalho. Nessas regras podem estar incluídas, se for o caso, as respectivas punições para seu não-cumprimento.

6) Definir os elementos que viabilizam a comunicação no grupo

Nesta fase do roteiro são definidos os elementos que viabilizarão a comunicação no grupo. Para isso, é feita uma relação identificando cada membro do grupo e os respectivos elementos com os quais ele pode contar e utilizar. Pode-se definir, por exemplo, que a linguagem comum será o português, que os membros do grupo elaborarão e utilizarão uma relação de termos próprios da paleontologia e que devem ser de conhecimento de todos os membros do grupo.

Também se identificará que para, se comunicar com dois dos membros do grupo, é possível através de e-mail, telefone e ICQ. Três membros residem na mesma cidade, o que facilita a comunicação oral presencial. Além disso, possuem e-mail e telefone.

7) Definir os recursos necessários

Nesta fase do roteiro são discutidos e identificados os recursos necessários para a realização do trabalho. Esses elementos podem ser bibliográficos, trabalhos práticos, utilização de máquinas e equipamentos específicos, etc. No contexto do trabalho sobre a era mesozóica, por exemplo, pode-se identificar que o grupo precisa consultar, inicialmente, uma dada relação bibliográfica. Deve entrevistar um paleontólogo conhecido. Deve gerar um relatório escrito onde constem figuras ilustrativas. Para isso, o grupo deve ter acesso aos recursos bibliográficos, o que pode incluir visitas a bibliotecas e a *sites* na *web*. Ter condições de agendar e efetivamente comparecer à entrevista com o paleontólogo. Utilizar um editor de textos para nele sistematizar os trabalhos realizados, obedecendo a certos padrões de composição textual (técnico). Este editor deve suportar a manipulação de figuras.

É preciso, portanto, ter pelo menos um computador, conectado com a *web* e equipado com o editor de textos, um *escanner*, uma máquina fotográfica, uma impressora.

8) Elaborar a descrição dos planos, a alocação das tarefas e o cronograma de execução

Nesta fase do roteiro são definidos os planos que deverão ser executados pelos agentes, além da alocação individual ou coletiva de tarefas, bem como os prazos estabelecidos para tal. No contexto do trabalho sobre a era mesozóica, por exemplo, pode-se determinar que todos os agentes deverão participar da revisão bibliográfica. O plano para executar esta tarefa é que um agente leia e sintetize as idéias de três artigos. Outro agente deve sistematizar as noções teóricas básicas constantes de um livro. Outro agente deve ler um artigo e elaborar e transcrever a entrevista com o paleontólogo.

Todos devem estar continuamente acessando a *web* visando a encontrar novas referências que possam ser utilizadas pelo grupo todo. Neste caso, devem compartilhar a referência entre todos os membros do grupo. Essas atividades devem ser feitas durante o prazo de *X* semanas para as tarefas individuais, e, enquanto durar o projeto, as buscas e compartilhamento de referências obtidas via *web*. Dois agentes devem elaborar o relatório técnico. Para isso, devem se encontrar pelo menos uma vez por semana a fim de irem elaborando o texto, bem como compartilhando-o com os demais membros do grupo. Esta atividade deve ser realizada no tempo *Y*. E assim sucessivamente. É nesta etapa, portanto, que os indivíduos assumem compromissos conjuntos sobre as ações do grupo, visto que estão envolvidos não apenas enquanto elementos individuais, mas também como componentes de uma organização maior, o próprio grupo.

Referências Bibliográficas

- AAMODT, A.; PLAZA, E. Case-based reasoning: foundational issues, methodological variations, and systems approaches. In: **Artificial Intelligence Communications**. IOS Press, v. 7, n. 1, 1994. p. 39-59.
- AGENTLINK**. Disponível em: <<http://www.agentlink.org>>. Acesso em: 2 ago. 2005.
- AMZI! PROLOG + Logic Server Interactive Development Environment 6.2.10**.
- ANTUNES, L. **Agentes com Decisão Baseada em Valores**. Lisboa: Universidade de Lisboa, 2001. Originalmente apresentado como tese de doutorado, Universidade de Lisboa, 2001.
- ARTIKIS, A.; PITT, J. A formal model of open agent societies. In: **Proceedings of the Fifth International Conference on Autonomous Agents**, 2001. sp.
- AUSTIN, J.L. **Hot to do things with words**. London: Oxford University Press, 1962.
- BAEG, S.; PARK, S.; CHOI, J.; JANG, M.; LIM, Y. **Cooperation in multi-agent systems**. Disponível em: <cse.hanyang.ac.kr/~jmchoi/papers/Intl-Conferences>. Acesso em: 5 mar. 2005.
- BAKER, M. **Cooperative learning: research paradigms**. Acesso em: <<http://www.dsv.su.se/research/kogc/Kurser/Baker-kurs>>. Acesso em: 22 jun. 2005.
- BECKER, F. Epistemologia genética e conhecimento matemático. In: **Revisando Piaget**. Porto Alegre: Mediação, 1999. p. 21-48.
- BEHAR, P. A. **Análise operatória de ferramentas computacionais de uso individual e coletivo**. Porto Alegre: CPGCC/UFRGS, 1998. Originalmente apresentada como tese de doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998.
- BICKHARD, M.** Disponível em: <<http://www.leihigh.edu/~mhb0/mhb0.html>>. Acesso em: 4 jun. 2005.
- BITTENCOURT, G. **Inteligência artificial, ferramentas e teorias**. Florianópolis: Editora Daufsc, 1998.
- BOELA, G.; van der TORRE, L.; VERHAGEN, H. Introduction to normative multiagent systems. **First International Symposium on Normative Multiagent Systems (NorMAS2005)**. Hatfield: AISB, 2005. p. 1-7.
- BORDINI, R. H.; VIEIRA, R.; MOREIRA, A. F. Fundamentos de sistemas multiagentes. In: **SBC2001- XX Jornada de Atualização em Informática (JAI)**, Cap. 1. Fortaleza: SBC, 2001. p. 3-41.
- BORLAND DEPHI ENTERPRISE**. Version 5.0 (Build 5.62) copyright 983, 1999 Inprise Corporation.
- BRATMAN, M.; POLLACK, M. Plans and resource-bounded practical reasoning. In: **Computational Intelligence**, SI: sn, n. 4. p. 349-355.
- BRNA, Paul. Modelos de colaboração. In: **Revista Brasileira de Informática na Educação**. Florianópolis: UFSC, v. 1, n. 3, 1998. p. 9-15.
- BROERSEN, J.; DASTANI, M.; HUANG, Z.; HULSTIJN, J.; van der TORRE, L. The BOID architecture – conflicts between beliefs, obligations, intentions and desires. In: **Proceedings of the 5th International Conference on Autonomous Agents (Agents2001)**. Montreal: ACM Press, 2001. pg. 9-16.
- CAMARGO, E.; BIDARRA, J.; RIZZI, C. B. Especificação de uma biblioteca de programação para agentes inteligentes. In: **CRICTE**. Itajaí: Univale, 2003.

- CARABELEA, C.; BOISSIER, O.; FLOREA, A. Autonomy in Multi-agent systems: a classification attempt. In: **Agents and Computational and Solutions**. Berlin: Springer-Verlag, 2004. p. 103-113.
- CARDOSO, A.; RIZZI, C. B. Um estudo sobre agentes cooperativos com ênfase no planejamento e execução de ações. In: **SEMINC**. Cascavel: Unioeste, 2003. sp.
- CASTELFRANCHI, C. Guarantees for autonomy in cognitive agent architecture. In: **Agent Theories, Architectures, and Languages**. Heidelberg: Springer-Verlag, 1995. sp.
- CASTELFRANCHI, C.; DIGNUM, F.; JONKER, C.; TREUR, J. Deliberate normative agents: principles and architectures. In: **Intelligent Agents VI**, LNAI-1757. Berlin: Springer-Verlag, 2000. p. 364-378.
- CASTORINA, J.; FAIGENBAUM, G.; CLEMENTE, F. Conhecimento individual e sociedade em Piaget: implicações para a investigação psicológica. In: **Educação e Realidade**. Porto Alegre: Faculdade de Educação, v. 1, n. 27, 2002. p. 27-50.
- CASTRUCCI, B. **Introdução à lógica matemática**. São Paulo: Nobel, 1984.
- CHIAROTTINO, Z. R. **Piaget: modelo e estrutura**. Rio de Janeiro: José Olympio, 1972.
- COSTA, A. C. R. **A teoria piagetiana das trocas sociais e sua aplicação aos ambientes de ensino-aprendizagem**. Disponível em: <<http://gmc.ucpel.tche.br/valores/>>. Acesso em: 9 mar. 2003.
- COSTA, A. C. R. Inteligência artificial construtivista: princípios gerais e perspectivas de cooperação com a informática na educação. In: **SBIE**. Porto Alegre: PUCRS, 1994. p. 185-198.
- COSTA, A. C. R. Panorama da inteligência artificial construtivista. In: **SEMINC**. Cascavel: Unioeste, 2003. Palestra.
- COSTA, A. C. R. **Princípios de um modelo baseado em valores de troca para a avaliação de situações de cooperação**. Disponível em: <<http://gmc.ucpel.tche.br/valores/>>. Acesso em: 24 out. 2005.
- COSTA, A. C. R. **Inteligência de máquina**: esboço de uma abordagem construtivista. Porto Alegre: CPGCC, 1993. Originalmente apresentada como tese de doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1993.
- COSTA, A. C. R. **A inteligência social baseada em valores de troca e os ambientes cooperativos**. Disponível em: <<http://gmc.ucpel.tche.br/valores/>>. Acesso em: 21 maio 2005.
- COSTA, A. C. R.; CASTILHO, J. M. V.; CLÁUDIO, D. M. Functional processes and functional roles in societies of computing agents. In: **SBIA**, 1993. Porto Alegre: SBC, 1993. p. 267-276.
- COSTA, A. C. R.; DIMURO, G. **Um estudo formal do modelo piagetiano das trocas sociais**. Disponível em: <<http://gmc.ucpel.tche.br/valores/>>. Acesso em: 21 out. 2002.
- COSTA, A. C. R.; DIMURO, G. **Uma estrutura formal normativa para sistemas computacionais**. Disponível em: <<http://gmc.ucpel.tche.br/valores/>>. Acesso em: 14 dez. 2002.
- COSTA, A.C.R. **A teoria piagetiana das trocas sociais e sua aplicação aos ambientes de ensino-aprendizagem**. Disponível em: <<http://gmc.ucpel.tche.br/valores/>>. Acesso em: 15 dez. 2003.
- COSTA, N. C. A. **Introdução aos fundamentos da matemática**. São Paulo: Hucitec, 1977.
- COSTA, N. C. A. O conceito de estrutura em ciência. In: **Boletim da Sociedade Paranaense de Matemática**. Curitiba: SPM, v. 8, n. 1, 1987. p. 1-22.

- COSTA, N. C. A.; CHUAQUI, R. Interpretações e modelos em ciência. In: **Boletim da Sociedade Paranaense de Matemática**. Curitiba: SPM, v. 8, n. 2, 1987. p. 257-276.
- DAVIDSSON, P. Categories of Artificial Societies. In: **Engineering Societies in the Agents World II**. Springer Verlag, LNCS Séries, v. 2203, 2001.
- DESCHER, G. **Made-up minds: a constructivist approach to artificial intelligence**. London: Mit Press, 1991.
- DIGNUM, F. Abstract norms and electronic institutions. **Proceedings of International Workshop on Regulated Agent-Based Social Systems: Theories and Applications (RASTA'02), AAMAS'02**. Bologna: Springer, 2002. sp.
- DIGNUM, F.; CONTE, R. Intentional agents and goal formation. In: **Intelligent Agents IV**, LNAI 1365. Berlin: Springer-Verlag, 1998. p. 231-244.
- DIGNUM, F.; KINNY, D.; SONENBERG, L. From desires, obligations and norms to goals. In: **Cognitive Science Quarterly**, v. 2, n. 3-4, 2002. p. 407-430.
- DIGNUM, F.; KINNY, D.; SONENBERG, L. Motivational attitudes of agents: on desires, obligations and norms. In: **Proceedings of the 2nd International Workshop of Central and Eastern Europe on MultiAgent System**. Krakow: Poland, 2001. p. 61-70.
- DIGNUM, F.; MORLEY, D.; SONENBERG, L.; CAVERDON, L. Towards socially sophisticated BDI agents In: **Proceedings of the Fourth International Conference on MultiAgent System – ICMAS2000**. Boston: IEEE Computer Society, 2000. p. 111-118.
- DOLLE, J. **Para compreender Jean Piaget**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1975.
- DONADUZZY, S. J.; WELTER, R.; RIZZI, C. B. Aplicação dos grupamentos lógico-matemáticos em operações com figuras geométricas. In: **Encontro Anual de Iniciação Científica (XII EAIC)**. Foz do Iguaçu: Edunioeste, 2003. sp.
- DONADUZZY, S. J.; RIZZI, C. B. Classificação e quantificação de figuras geométricas por agente computacional piagetiano. In: **Encontro Anual de Iniciação Científica (XIII EAIC)**. Londrina: Ed.UEL, 2004. sp.
- DORAN, J.; FRANKLIN, S.; JENNINGS N.; NORMAN, T. **On cooperation in multi-agent systems**. Disponível em: <<http://www.csd.abdn.ac.uk/~tnorman/publications/>>. Acesso em: 2 mar. 2005.
- ELWELL, F. **The sociology of Max Weber**. Disponível em <<http://campus.murraystate.edu/academic/faculty/frank.elwell/HomePage/Homepage.htm>>. Acesso em: 4 ago. 2005.
- ERNER, E. Cooperating agents: a unified theory of communication and social structure. In: **Distributed Artificial Intelligence**. São Francisco: Morgan Kaufmann, v.2, 1990. p. 3-36.
- ESTRÁZULAS, M. Interação e cooperação em listas de discussão. In: **Informática na Educação – teoria e prática**, v. 2, n. 2, 1999. p. 81-86.
- Executable BDI**. Disponível em: <<http://www.inf.pucri.br/~giraffa/x-bdi/apresentacao.htm>>. Acesso em: 10 jun. 2003.
- FALCONE, R.; CASTELFRANCHI C. Social trust: a cognitive approach. In: **Trust and Deception in Virtual Societies**. Sc: Kluwer Academic Publishers, 2001. p. 55-90.
- FIALHO, F. A. P. **Modelagem computacional da equilibração das estruturas cognitivas como proposto por Jean Piaget**. Florianópolis: PGEP, 1994. Originalmente apresentada como tese de doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, 1994.
- FIPA. Foundation for Intelligent Physical Agents**. Disponível em: <<http://www.fipa.org/>>. Acesso em: 09 set. 2003.

- FILHO, A. L.; REBOUÇAS, F. A. **O pensamento formal em Piaget: gênese estruturação e equilíbrio**. Goiânia: Dimensão, 1988.
- FILHO, E. A. **Iniciação à lógica matemática**. São Paulo: Nobel, 1984.
- FLORES, R. B. **Fundamentos de los sistemas numéricos**. México: Interamerica, 1971.
- FRANCO, S. R. K. **O construtivismo e a educação**. 8ª ed. Porto Alegre: Mediação, 2000.
- FRANCO, S. R. K. **Lógica Operatória e Lógica das Significações em Adultos do Meio Rural**: um estudo piagetiano e seu significado educacional. Porto Alegre: Pós-Graduação em Educação, 1999. Originalmente apresentada como tese de doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999.
- FROZZA, R. **Aspectos de coordenação em ambientes multiagentes**. Porto Alegre: Instituto de Informática da UFRGS, 2001. Originalmente apresentados como exame de qualificação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999.
- FROZZA, R. **SIMULA**: Ambiente para desenvolvimento de sistemas multiagentes reativos. Porto Alegre: PGCC/UFRGS, 1999. Originalmente apresentado como dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999.
- GIONGO, A.; RIZZI, C. B. Um ambiente para simulação de agentes computacionais. In: **SEMINC**. Cascavel: Unioeste, 2003. sp.
- GNU MAGES**. Disponível em: <<http://www.inf.unisinos.br/~jrbitt/mages/>>. Acesso em: 07 out. 2003.
- GOUVEIA, V.; MARTINEZ, E.; MEIRA, M.; MILFONT, T. L. A estrutura e o conteúdo universais dos valores humanos: análise fatorial confirmatória da tipologia de Schwartz. In: **Estudos de Psicologia**, v. 6, n. 2, 2001. p.133-142.
- GEPIA**. Disponível em: <<http://ia.ucpel.tche.br/~lpalazzo/gpia/compsocial.htm>>. Acesso em: 04 nov. 2005.
- GUYE-VUILLÈME, A.; THALMANN, D. A high-level architecture for believable social agents. In: **VR Journal**. sl: Springer, v. 5, 2001. p. 95-106.
- GUYE-VUILLÈME, A.; THALMANN, D. Requirements for an architecture for believable social agents. In: **Proceedings of the 4th International Conference on Autonomous Agents (Agents2000)**. Barcelona: ACM, 2000. p. 48-49.
- HAYKIN, S. **Redes neurais - princípios e prática**. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- HIRATA, I., HÜBNER, J., SICHMAN, J. Implementação de protocolos de interação no ambiente SACI. In: **XIV SEMINCO**. Blumenau: FURB, 2005. sp.
- HORLING, B.; LESSER, V. **A survey of multi-agent organizational paradigms**. Disponível em: <<http://dis.cs.umass.edu/~bhorling/>>. Acesso em: 20 jun. 2005.
- HÜBNER J. F.; COELHO, A. R. **Avaliação da comunicação entre agentes utilizando KQML**. Disponível em: <<http://www.inf.furb.br/~jomi/pubs/1998/seminco/kqml/artigo.html>>. Acesso em: 18 abr. 2003.
- HÜBNER, J. F.; COSTA, A. C. R.. Identificação de papéis por observação de comportamento em sociedades de agentes. In: **Dynamis**. Blumenau: FURB, v. 5, n. 21, 1997. p. 113-128.
- INDURKHAYA, B. **Metaphor and cognition**: an interactionist approach. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1992.
- JENNINGS, N. R. Coordination techniques for distributed artificial intelligence. In: **Foundations of Distributed Artificial Intelligence**. New York: John Willey & Sons, 1996. p. 187-210.
- KAMII, C.; DEVRIES, R. **Jogos em grupo na educação infantil**. São Paulo: ArtMed, 1980.

- KOBAYASHI, M.C.M. **A construção da geometria pela criança**. Marília: Cadernos de Divulgação Cultural, 2001.
- KOESTLER, A. **The ghost in the machine**. Londres: Hutchinson Publishing Group, 1967.
- KOLLINGBAUM, M.; NORMAN, T. NoA – a normative agent architecture. In: **Learning Graphical Models for Computational Genomics**. Acapulco: sd, 2003. sp.
- KRAUSE, D. **Introdução aos fundamentos axiomáticos da ciência**. São Paulo: EPU, 2002.
- KRAUSE, D.; BÉZIAU, J. Y.; BUENO, O. Estruturas em ciência. In: **Boletim da Sociedade Paranaense de Matemática**. Curitiba: SPM, v. 17, n.1-2, 1987. p. 92-104.
- KRAUSE, D. O conceito bourbakista de estrutura. In: **Boletim da Sociedade Paranaense de Matemática**. Curitiba: SPM, v. 8, n.1, 1987. p. 77-102.
- KULAKOV, A.; STOJANOV, G. Structures, inner values, hierarchies and stages: essentials for developmental robot architectures. In: **Second International Workshop on Epigenetic Robotics**. Edinburg: Cognitive Studies, 2002. sp.
- LABIUTIL. **Interface e Ergonomia**. Disponível em: <www.labiutil.inf.ufsc.br>. Acesso em: 20 abr. 2004.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 1989.
- LALANDE, A. **Vocabulário técnico e crítico da filosofia**. São Paulo: Martins Fontes, 1999.
- LIMA, E. L. **Curso de análise**. v.1. Rio de Janeiro: IMPA, 1995.
- LÓPEZ Y LÓPEZ, F.; MÁRQUEZ, A. A. An architecture for autonomous normative agents. In: **Proceedings of the Fifth Mexican International Conference in Computer Science (ENC'04)**. Puebla: IEEE, 2004. p. 96-103.
- LUCK, M.; d'INVERNO, M. Engagement and cooperation in motivated agent modelling. In: **Proceedings of the First Australian Workshop on Distributed Artificial Intelligence**. Canberra: Springer-Verlag, 1996. p. 70-84.
- MACEDO, L. Síntese sobre vida e obra de Piaget. In: **Coleção Memória da Pedagogia**. n.1, 2005. p. 6.
- MAES, P. The agent network architecture (ANA). In: **SIGART Bulletin**, v. 2, n. 4, 1991. p. 115-120.
- MAGÁLY, A. **Comunicação em sistemas multi-agentes**. Disponível em: <<http://www.dimap.ufrn.br/~andre/sma-2004.2/>>. Acesso em: 10 ago. 2005.
- MARCONDES, E.; RIZZI, C.; CASTRO, J. **Um experimento com agentes computacionais cooperativos empregando a Teoria dos Valores Qualitativos**. Cascavel: Unioeste, 2005. Originalmente apresentado como trabalho de conclusão de curso de graduação, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2005.
- MARTINS, R. **Superação: o poder da conquista!** Disponível em: <http://carreiras.emprego.com.br/comunidades/rh/artigos/050405-superacao_conquista.shtm>. Acesso em: 29 set. 2005.
- MARIETTO, M.; DAVID, N.; SICHMAN, J.; COELHO, H. Proposta de uma nova classificação para a área de inteligência artificial distribuída: focos de interesse e sistemas computacionais. In: **IBERAMIA 2002**. Sevilla: Universidad Sevilla, 2002. sp.
- MENEZES, P. B., HAEUSLER, E. H. **Teoria das categorias para ciência da computação**. Porto Alegre: Sagra-Luzzatto, 2001.
- MICELI, M., CASTELFRANCHI, C. A cognitive approach to values. In: **Journal for the Theory of Social Behavior**, v.2, n.19, 1989. p. 169-193.
- MICELI, M., CASTELFRANCHI, C. Modelling motivational representations. In: **Cognitive Science Quarterly**, v.1, 2000. sp.

- MONTANGERO, J., MAURICE-NAVILLE, D. **Piaget ou a inteligência em evolução**. Porto Alegre: Artmed, 1998.
- MONTESCO, C. A. **UCL: uma linguagem de comunicação para agentes de software**. São Carlos: USP, 2001. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, 2001.
- MÓRA, M. **Um modelo de agente executável**. Porto Alegre: CPGCC/UFRGS, 2000. Originalmente apresentado como tese de doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.
- MORO, M.L.M. **Aprendizagem operatória: a interação social da criança**. São Paulo: Cortez, 1987.
- MUÑOZ, M. E. S. O uso de um agente cognitivo piagetiano na resolução do problema de planejamento de trajetória. In: **III Semana Acadêmica do PGCC**. Porto Alegre: CPGCC/UFRGS, 1998.
- MUÑOZ, M. E. S. **Proposta de modelo sensório cognitivo inspirado na teoria de Jean Piaget**. Porto Alegre: CPGCC/UFRGS, 1999. Originalmente apresentado como dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999.
- NAPSTER**. Disponível em: <www.napster.com>. Acesso em: 05 maio 2005.
- NEWELL, A.; SIMON, H. Computer science as empirical inquiry: symbols and search. In: **Communications of the ACM**. New York: Award Lecture, v.19, n. 3, 1976. p. 113-126.
- OLIVEIRA, F. **Critérios de equilíbrio para sistemas tutores inteligentes**. Porto Alegre: CPGCC/UFRGS, 1994. Originalmente apresentado como tese de doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1994.
- PAPERT, S. **A máquina das crianças**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.
- PEREIRA, S. L. **Estruturas de dados fundamentais**. São Paulo: Editora Érica, 1996.
- PEROTTO, F., S. **Inteligência Artificial Construtivista: uma nova perspectiva teórica para uma nova arquitetura de agente computacional inteligente**. Porto Alegre: PGCC/UFRGS, 2004. Originalmente apresentado como dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.
- PERRET-CLERMONT, A. **A construção da inteligência pela interação social**. Lisboa: Sodicultur, 1978.
- PHILLIPS J. R.; JOHN L. **Origens do intelecto: a teoria de Piaget**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1969.
- PIACASTELLI, C.; FARIA, H.; SILVEIRA, M. **O trabalho em equipe**. Disponível em: <http://www.opas.org.br/rh/publicacoes/textos_apoio/Texto_1.pdf>. Acesso em: 29 set. 2005.
- PIAGET, J. **A construção do real na criança**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1975.
- PIAGET, J. **A equilíbrio das estruturas cognitivas**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1976a.
- PIAGET, J. **A formação do símbolo na criança**. 3ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 1990.
- PIAGET, J. **A linguagem e o pensamento da criança**. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1959.
- PIAGET, J. **Biologia e conhecimento**. 3ª ed. Petrópolis: Vozes, 2000.
- PIAGET, J. **Classes, relations et nombres**. Paris: Librairie Philosophique J. Vrin, 1942.
- PIAGET, J. **Comportamento motriz da evolução**. Porto: RES Editora Limitada, 1976.
- PIAGET, J. **Ensaio de lógica operatória**. São Paulo: Editora da USP, 1976.

- PIAGET, J. **Essai de logique opératoire**. Paris: Dunod, 1972.
- PIAGET, J. **Estudos sociológicos**. Rio de Janeiro: Editora Forense, 1973.
- PIAGET, J. **Fazer e compreender**. São Paulo: Editora da USP, 1978.
- PIAGET, J. INHELDER B. **Memória e inteligência**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1979a.
- PIAGET, J. **Lógica e conhecimento científico**. Porto: Livraria Civilização Editora, 1980a.
- PIAGET, J. **O desenvolvimento das quantidades físicas na criança**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1975.
- PIAGET, J. **O estruturalismo**. 3ª ed. São Paulo: Difel, 1979.
- PIAGET, J. **O juízo moral na criança**. 2ª ed. São Paulo: Summus Editorial, 1994.
- PIAGET, J. O Trabalho por equipes na escola. In: **Revista Psicopedagogia**. (S.l): Salesianas, v. 15, n. 36, 1996. p. 14-20.
- PIAGET, J. **Para onde vai a educação?** Rio de Janeiro: José Olympio, 1973a.
- PIAGET, J. **Problemas de psicologia genética**. São Paulo: Abril Cultural, 1983.
- PIAGET, J. **Psicologia da inteligência**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1977.
- PIAGET, J. **Psicologia e pedagogia**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1998.
- PIAGET, J. **Seis estudos de psicologia**. Rio de Janeiro: Forense-Universitária, 1980.
- PIAGET, J. **Vontade e ação**. Porto Alegre: UFRGS/DEBAS, 1999.
- PIAGET, J.; GARCIA, R. **Hacia una lógica de significaciones**. Guanajuato: Gedisa Mexicana, 1989.
- PIAGET, J.; INHELDER, B. **A representação do espaço na criança**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1993.
- PIAGET, J.; INHELDER, B. **Da lógica da criança à lógica do adolescente**. São Paulo: Livraria Pioneira Editora, 1970.
- PIAGET, J. Os procedimentos da educação moral. In: **Cinco Estudos de Educação Moral**. São Paulo: Casa do Psicólogo, 1996a. p. 1-36.
- PIAGET, J.; INHELDER, B. **Gênese das estruturas lógicas elementares**. Rio de Janeiro: Zahar, 1983.
- PRESSMANN, R. **Engenharia de software**. São Paulo: Makron Books, 1995.
- RABUSKE, R. A. **Inteligência artificial**. Florianópolis: Editora DAUFSC, 1995.
- RAO, A.; GEORGEFF, M. BDI Agents: from theory to practice. In: **Proceedings of the International Conference on Multi-Agent Systems (ICMAS'95)**. San Francisco, 1995.
- RICH, E.; e KNIGHT, K. **Inteligência artificial**. Rio de Janeiro: Makron Books, 1994.
- RIZZI, C. B. **A cooperação em Jean Piaget: interações sustentadas pelo modelo dos grupamentos operatórios**. Porto Alegre: PGIE/UFRGS, 2004. Originalmente apresentado como proposta de tese de doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.
- RIZZI, C. B. **Agentes cognitivos computacionais baseados em uma interpretação dos grupamentos de Jean Piaget: um estudo sobre a cooperação**. Porto Alegre: PGIE/UFRGS, 2001. Originalmente apresentado como projeto de doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.
- RIZZI, C. B. **As estruturas cognitivas e a cooperação: uma visão segundo Jean Piaget**. Porto Alegre: PGIE/UFRGS, 2002. Originalmente apresentado como Relatório técnico: projeto de pesquisa I, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002.

- RIZZI, C. B. **Rumo a um modelo de agentes computacionais cooperativos piagetianos:** uma discussão preliminar. Porto Alegre: PGIE/UFRGS, 2003. Originalmente apresentado como Relatório técnico: projeto de pesquisa III, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.
- RIZZI, C. B. **Um estudo sobre as estruturas operatórias piagetianas com ênfase nas estruturas concretas e uma proposta de trabalho.** Porto Alegre: PGIE/UFRGS, 2003. Originalmente apresentado como Relatório técnico: projeto de pesquisa II, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.
- RIZZI, C. B.; COSTA, A. C. R.; FRANCO, S. R. K. Os grupamentos operatórios de Jean Piaget e suas implicações no estudo da cooperação na ação entre agentes humanos. In: **SBIE**. Manaus: SBC, v. 1, 2004. p. 641-643.
- RIZZI, C. B.; DONADUZZI, S.; WELTER, R. Agentes computacionais com cognição caracterizada pelos grupamentos lógico-matemáticos das classes. In: **SEMINC**. Cascavel: Unioeste, 2003. sp.
- RIZZI, C. B.; COSTA, A. C. R.; FRANCO, S. R. K. A cooperação presencial ou a distância: uma perspectiva piagetiana. In: **Tecnologia Educacional**, n.163 e 166, 2004. p. 125-135.
- ROBOCUP**. Disponível em: <<http://www.robocup.org/overview/21.html>>. Acesso em: 10 jun. 2003.
- RODRIGUES, M. R. **Um sistema de valores de troca para suporte às interações sociais.** Porto Alegre: PPGC/UFRGS, 2003. Originalmente apresentado como dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.
- RODRIGUES, M. R.; COSTA, A. C. R.; BORDINI, R. H. A system of exchange values to support social interactions in artificial societies. In: **AAMAS**. Melbourne, 2003.
- RODRIGUES, M. **Um estudo sobre técnicas de planejamento em sistemas de agentes.** Porto Alegre: PPGC/UFRGS, 2001. Originalmente apresentado como trabalho individual, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.
- ROKEACH, M. **The nature of human values.** New York: Free Press, 1973.
- RUIZ, J. A. **Metodologia científica:** guia para eficiência nos estudos. São Paulo: Atlas, 1982.
- SAMPAIO, A. **Notas de apoio à disciplina de sociologia.** Disponível em: <<http://www.esas.pt/dfa/sociologia>>. Acesso em: 22 jun. 2005.
- SANT'ANNA, A. S. **O que é um axioma.** Curitiba: Manoele, 2002.
- SCHEFFER, M.; RIZZI, C. B. Agentes cooperativos piagetianos: uma abordagem através da teoria dos valores qualitativos e do emprego de operações lógicas do período das operações concretas - um estudo de caso. In: **SEMINC**. Cascavel: Unioeste, 2003. sp.
- SEYMOUR, L. **Teoria dos conjuntos.** São Paulo: McGraw-Hill, 1972.
- SICHMAN, J. Cooperação e comunicação entre agentes. In: **Brazil Agentes School 2005**. Porto Alegre: UFRGS, 2005.
- SILBERSCHATZ, A.; GALVIN, P. B. **Operating system concepts.** São Paulo: Prentice Hall, 2000.
- SILVEIRA, L.; RIZZI, C.; CASTRO, J. **Desenvolvimento de um protótipo para simulação de cooperação na ação entre agentes cooperativos piagetianos.** Cascavel: Unioeste, 2005. Originalmente apresentado como trabalho de conclusão de curso de graduação, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2005.
- SIM_Speak**. Disponível em: <http://www.inf.ufrgs.br/~bordini/SIM_Speak/>. Acesso em: 13 out. 2003.

- SIMON, H. A. Cognitive processes of experts and novices. In: **Cahiers de la Fondation Archives Jean Piaget**. Genève: Archives Jean Piaget, n. 2-3, 1982. p. 155-178.
- SOMMERVILLE, I. **Engenharia de software**. São Paulo: Addison Wesley, 2003.
- SOMMERVILLE, I.; KOTONYA, G. **Requirements engineering**. New York: J.Wiley & Sons, 1997.
- STOJANOV, G. Petitagé: a case study in developmental robotics. In: **First International Workshop on Epigenetic Robotics**. Lund: Communications Research Laboratory, 2001. p. 1-8.
- TAMAYO, A. Hierarquia de valores transculturais e brasileiros. In: **Psicologia: teoria e pesquisa**, v. 10, n. 2, 1994. p. 269-285.
- TAMAYO, A.; SCHWARTZ, S. Estrutura motivacional dos valores humanos. In: **Psicologia: teoria e pesquisa**, v. 9, n. 2, 1993. p. 329-348.
- TIJIBOY, A. V.; MAÇADA, D. L. **Cooperação e colaboração**. Disponível em: <<http://www.niee.ufrgs.br/curso/topicos-ie/ana/conceito.htm>>. Acesso em: 22 jun. 2005.
- TOREZANI, W. **Apostila de estatística**. Disponível em: <<http://www.univila.br/professores/wtorezani/>>. Acesso em: 14 jul. 2005.
- TUOMELA, R. **Cooperation: a philosophical study**. Cambridge: Kluwer Academic Publishers, 2000.
- TUOMELA, R. Home Page. Disponível em: <<http://www.valt.helsinki.fi/staff/tuomela/>>. Acesso em: 05 maio 2005.
- VERHAGEN, H. **Discussion on normative agent systems (including the collected answers)**. Disponível em: <<http://normas.di.unito.it/zope/aisb05>>. Acesso em: 18 ago. 2005.
- VOGT, C. Modelos e modelagens. In: **Editorial da Revista ComCiência**, n.39, 2002. sp.
- WAZLAWICK, R. **Agentes autônomos e teoria da equilíbrio cognitiva**. Disponível em: <<http://www.inf.ufsc.br/~raul/public1/wcccsi.htm>>. Acesso em: 12 jul. 2002.
- WAZLAWICK, R. **Um modelo operatório para construção de conhecimento**. Florianópolis: PPGEP/UFSC, 1993. Originalmente apresentado como tese de doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, 1993.
- WEIL, P. **Manual de psicologia aplicada**. Rio de Janeiro: Editora Itatiaia, 1967.
- WERNER, E. Toward a theory of communication and cooperation for multiagent planning. In: **Proceedings of the 2nd Conference in Theoretical Aspects of Reasoning about Knowledge**. California: Morgan Kaufman Publishers, 1988. p. 129-142.
- WOOLDRIDGE, M. Intelligent agents. In: **Multiagents Systems – a modern approach to distributed artificial intelligence**. MIT Press, 1999. sp.
- WOOLDRIDGE, M.; JENNINGS, N. R. Intelligent agents: theory and practice. In: **The Knowledge Engineering Review**, v. 10 n. 2, 1995. p. 115-152.
- WOOLDRIDGE, M.; JENNINGS, N. R. The cooperative problem solving processes. In: **Journal of Logic & Computation**, v. 9, n. 4, 1999. p. 563-592.
- YEPES, I.; BARONE, D. A. Inteligência artificial distribuída: uma abordagem ao comportamento social inteligente. In: **Sociedades Artificiais**. Porto Alegre: Bookman, 2003. p. 231-250.
- ZLATEV, J. A hierarchy of meaning systems based on value. In: **Proceedings of the 1st International Workshop on Epigenetic Robotics**. Lund University: Cognitive Studies, 2001. p. 88-97.