



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Maria Goreti Carvalho Marreiros

**Agentes de Apoio à Argumentação e
Decisão em Grupo**

Tese de Doutoramento

Ramo de Informática

Área de Inteligência Artificial

Trabalho efectuado sob orientação do

Professor Doutor José Carlos Ferreira Maia Neves

E do

Professor Doutor Carlos Fernando da Silva Ramos

Julho 2007

Declaração

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA TESE APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

Universidade do Minho, 30 de Junho de 2007.

A Autora,

Para o Hugo,
Para o André,
Para o Alberto

Agradecimentos

Aos meus orientadores, Professor Doutor José Maia Neves e Professor Doutor Carlos Ramos, não só pela orientação científica deste trabalho, mas também pelas palavras de incentivo e encorajamento. Obrigada pelos vossos comentários, sugestões e indicações.

À Universidade do Minho, agradeço a oportunidade de realizar este trabalho. Aos colegas da Universidade do Minho, que tive o privilégio de conhecer durante a realização deste trabalho, e em particular ao Doutor Paulo Novais, ao Doutor José Machado e ao Doutor António Abelha, co-autores de alguns dos meus trabalhos, muito obrigada pelas sugestões e contribuições.

Ao Engenheiro Ricardo Santos, tal como eu investigador do projecto *ArgEmotionAgents*, agradeço todas as discussões, sugestões e contribuições.

Agradeço a todos os meus colegas do Grupo de Investigação em Engenharia do Conhecimento e Apoio à Decisão (GECAD) pelas discussões científicas e pelo ambiente agradável que sempre proporcionaram.

Ao PRODEP agradeço todo o suporte dado a este Doutoramento. À Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) agradeço o suporte concedido ao GECAD e a alguns projectos de I&D, nomeadamente ao projecto *ArgEmotionAgents* que suportaram as deslocações a conferências onde fui apresentando o trabalho elaborado.

A todos os meus familiares e amigos, pelo apoio que directa ou indirectamente me deram durante a realização deste trabalho, o meu muito obrigado.

À minha Mãe e ao meu Pai quero agradecer tudo o que fizeram e continuam a fazer por mim, apoiando-me e dando-me a confiança necessária para seguir em frente.

Ao Alberto, companheiro de vida, e também de período de doutoramento, obrigada por tudo! Pelas palavras de incentivo, pela confiança transmitida e por me fazeres acreditar que ia conseguir levar esta tarefa a bom porto.

Por fim para os meus pequenos tesouros André e Hugo, que com os seus sorrisos iluminam os meus dias, fica a promessa de que as próximas férias grandes serão passadas com a mãe.

Resumo

A tomada de decisão é um processo cognitivo que conduz à selecção de um plano de acção, de entre vários; trata-se do resultado de uma construção psicológica que varia em função do indivíduo ou indivíduos. No contexto organizacional, ocorre por vezes uma profusão de problemas de decisão. Facto que pode estar relacionado com disfunções da própria organização, como, por exemplo, downsizing, restrições orçamentais, excesso de trabalho, ou que pode simplesmente ser o resultado de uma evolução natural sem que lhe seja possível atribuir um motivo em particular. Por outro lado, a tomada de decisão activa implica a escolha responsável, e pode ser realizada individualmente ou em grupo, o que nos leva a considerar que cada problema transporta em si uma oportunidade que vai para além do próprio problema, i.e., um esforço deliberado para ampliar as nossas vivências significa um passo em frente no sentido de tomar decisões com qualidade. Os grupos trocam ideias, envolvem-se em processos de argumentação e contra-argumentação, negociam, cooperam, colaboram ou discutem metodologias e/ou técnicas para resolver problemas.

A Tese que pretendemos defender é a de que, através de um Sistema Multiagente, podemos modelar e simular os participantes de uma reunião de tomada de decisão em grupo, suportando desse modo o organizador da reunião ou qualquer dos outros participantes. Pretendemos ainda provar que lidando com informação incompleta, considerando aspectos sociais e emotivos e tendo em conta os processos de argumentação, o nosso modelo irá permitir simular melhor a realidade e dar um melhor suporte à tomada de decisão em grupo.

Neste contexto foi desenvolvido o trabalho apresentado nesta tese. Foi proposto um modelo de um Sistema Multiagente capaz de lidar com a problemática da tomada de decisão em grupo e em particular um arquétipo para os agentes participantes, onde foram considerados os seguintes requisitos: capacidades argumentativas, características antropomórficas, capacidade de representação de informação incompleta e competências emocionais.

Desenvolveram-se vários algoritmos de suporte ao processo de geração, selecção e avaliação dos argumentos, bem como várias estratégias de actuação para os agentes participantes.

De acordo com as especificações elaboradas, foi desenvolvido um protótipo de um simulador de tomada de decisão em grupo. Para aplicação do protótipo foram seleccionados os problemas multi-critério, que podem ser mais ou menos complexos e envolver tomadas de decisão mais ou menos polémicas. O protótipo serviu de base à realização de várias experiências que permitiram tirar algumas conclusões sobre o trabalho desenvolvido e apontar linhas de acção futuras.

Importa referir a importância de uma boa representação do perfil dos participantes na reunião e o facto do Sistema Multiagente desenvolvido dever ser visto apenas como um Simulador, desempenhando a função de um Sistema de Apoio à Decisão, e não a função de um sistema que substitua o ser humano nesta actividade nobre e complexa.

Abstract

Decision making is the cognitive process leading to the selection of a course of action among variations; indeed, decision making is said to be a psychological construct, depending on the individual or individuals. For example, in an organizational setting, at one time or another, organizations develop an over-abundance of decision problems. Sometimes they can be linked to organizational trauma, like downsizing, budget restraints or workload, or they may evolve over time with no apparent triggering event. On the other hand, active decision-making involves a responsible choice that one must make, either alone or in group, leading us to consider that each problem has hidden in it an opportunity so powerful that it literally dwarfs the problem itself, i.e., a deliberate effort to broaden our experiences is the single most helpful effort in making good decisions. Groups exchange ideas, engage in a process of argumentation and counter-argumentation, negotiate, cooperate, collaborate or even discuss techniques and/or methodologies for problem solving.

In this work we claim that through a Multiagent system it is possible to model and simulate the participants of a group decision making meeting, supporting the meeting facilitator or any other participants. In our model, the consideration of incomplete information, social and emotional aspects, as well as argumentation processes allow a better simulation of the reality and a better support to the group decision making activity.

This is the context for the work developed in this dissertation. It is proposed a Multiagent System for modelling group decision making processes and an architecture for participant agents, where the following requisites were considered: argumentative capabilities, anthropomorphic characteristics, ability to represent incomplete information and emotional competences.

To support the argumentation generation, selection and evaluation, several algorithms were proposed, and strategies were also developed to guide the participant agent's behaviour.

According to these specifications it was developed a prototype of a group decision making simulator. Multi-criteria problems were selected for the prototype application, since they can be more or less complex and involve decisions more or less polemic.

The prototype has been used in several experiments leading to some conclusions and to the definition of future work.

It is important to notice the importance of a good representation of the participants profile and the fact that the Multiagent System should be considered only as a simulator playing the role of a decision support system and not as a system that intend to substitute the meeting or even to substitute some meeting participant in this activity so noble an complex.

Índice

AGRADECIMENTOS	V
RESUMO	VII
ABSTRACT	IX
ÍNDICE	XI
LISTA DE FIGURAS	XVII
LISTA DE TABELAS	XIX
LISTA DE ABREVIATURAS	XXI
CAPÍTULO 1	1
INTRODUÇÃO	1
1.1 ENQUADRAMENTO	2
1.2 MOTIVAÇÃO	3
1.3 OBJECTIVOS E BREVE DESCRIÇÃO DO TRABALHO REALIZADO	3
1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	6
CAPÍTULO 2	9
SISTEMAS MULTIAGENTE E AGENTES EMOCIONAIS	9
2.1 INTRODUÇÃO	10
2.2 AGENTES	10
2.2.1 PROPRIEDADES DOS AGENTES	11
2.2.2 CLASSIFICAÇÃO DOS AGENTES	13
2.2.3 ARQUITECTURAS DE AGENTES	15
2.2.3.1 ARQUITECTURA DELIBERATIVA	16
2.2.3.2 ARQUITECTURA REACTIVA	16
2.2.3.3 ARQUITECTURA HÍBRIDA	17
2.2.4 SISTEMAS MULTIAGENTE	19

2.2.4.1	INTERACÇÃO ENTRE AGENTES	20
2.2.4.2	PLATAFORMAS DE DESENVOLVIMENTO DE AGENTES	23
2.3	AGENTES EMOCIONAIS	27
2.3.1	TEORIAS DA EMOÇÃO – BREVE RESENHA HISTÓRICA.....	28
2.3.2	MODELOS EMOCIONAIS BASEADOS EM AVALIAÇÃO	29
2.3.2.1	MODELO DE ROSEMAN	29
2.3.2.2	MODELO DE ORTONY, CLORE E COLLINS.....	30
2.3.3	MODELOS EMOCIONAIS COM BASE NAS NEUROCIÊNCIAS	34
2.3.3.1	HIPÓTESE DOS MARCADORES SOMÁTICOS DE ANTÓNIO DAMÁSIO.....	34
2.3.3.2	TEORIA DA EMOÇÃO E ADAPTAÇÃO DE JOSEPH LEDOUX.....	35
2.3.4	EMOÇÃO E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	35
2.3.5	ARQUITECTURAS JÁ DESENVOLVIDAS DE AGENTES EMOTIVOS	36
2.3.5.1	PROJECTO “OZ”	36
2.3.5.2	MODELO “FLAME”.....	38
2.3.5.3	“AFFECTIVE REASONER”	38
2.3.5.4	“CATHEXIS”	39
2.3.5.5	“SALT&PEPER”	40
2.3.5.6	“SAFIRA”.....	41
2.4	ÁREAS DE APLICAÇÃO	41
2.5	CONCLUSÕES	44

CAPÍTULO 3 **47**

TOMADA DE DECISÃO EM GRUPO..... **47**

3.1	INTRODUÇÃO	48
3.2	ANÁLISE DO TRABALHO EM GRUPO	50
3.3	ESTRUTURAS DE TOMADA DE DECISÃO.....	52
3.4	MODELOS DE DECISÃO.....	53
3.4.1	MODELO DE SIMON.....	54
3.4.2	MODELO DO CONTENTOR	56
3.4.3	MODELO POLÍTICO	57
3.4.4	MODELO DE PROCESSO.....	58
3.4.5	MODELO CIRCUMPLEXO DE MCGRATH	58
3.5	RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS	61
3.6	ORIGEM DOS SISTEMAS DE APOIO À TOMADA DE DECISÃO EM GRUPO	63
3.7	TAXONOMIA DOS SADG	64
3.8	PROBLEMAS DE DECISÃO MULTI-CRITÉRIO	68

3.9	EMOÇÃO E TOMADA DE DECISÃO	70
3.9.1	INFLUÊNCIA DA EMOÇÃO NA TOMADA DE DECISÃO INDIVIDUAL	72
3.9.2	INFLUÊNCIA DA EMOÇÃO NA TOMADA DE DECISÃO EM GRUPO.....	73
3.10	SADG DESENVOLVIDOS COM ABORDAGENS MULTIAGENTE	74
3.10.1	ITO E SHINTANI.....	75
3.10.2	MIAU.....	76
3.10.3	ZENO E HERMES.....	77
3.10.4	NEEM	77
3.11	CONCLUSÕES	78
 <u>CAPÍTULO 4</u>		<u>81</u>
 <u>ARGUMENTAÇÃO</u>		<u>81</u>
4.1	INTRODUÇÃO	82
4.2	RESENHA HISTÓRICA DA ARGUMENTAÇÃO	86
4.2.1	MODELO DE TOULMIN	87
4.2.2	A NOVA RETÓRICA DE PERELMAN E OLBRECHTS-TYTECA.....	89
4.3	SISTEMAS ARGUMENTATIVOS E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL.....	90
4.3.1	PROGRAMAÇÃO EM LÓGICA ESTENDIDA.....	90
4.3.2	A TEORIA DE ARGUMENTAÇÃO DE DUNG	92
4.3.3	A TEORIA DE ARGUMENTAÇÃO LEGAL DE PRAKKEN E SARTOR.....	94
4.3.4	A LÓGICA DE ARGUMENTAÇÃO	97
4.4	SISTEMAS MULTIAGENTE E ARGUMENTAÇÃO.....	99
4.4.1	TRABALHO DESENVOLVIDO POR KRAUS E OS SEUS COLEGAS.....	102
4.4.2	TRABALHO DESENVOLVIDO POR SIERRA E OS SEUS COLEGAS	104
4.4.3	TRABALHO DESENVOLVIDO POR PARSONS E OS SEUS COLEGAS	105
4.4.4	TRABALHO DESENVOLVIDO POR RAMCHURN OS SEUS COLEGAS.....	107
4.4.5	OUTROS TRABALHOS	109
4.4.6	ANÁLISE E DISCUSSÃO DAS ABORDAGENS APRESENTADAS	109
4.5	CONCLUSÃO.....	111
 <u>CAPÍTULO 5</u>		<u>113</u>
 <u>MODELO PROPOSTO</u>		<u>113</u>
5.1	INTRODUÇÃO	114
5.2	ARQUITECTURA DO SISTEMA MULTIAGENTE.....	114

5.3	MODELO DE DECISÃO.....	117
5.3.1	PROTOCOLO DE TOMADA DE DECISÃO EM GRUPO	118
5.4	AGENTE PARTICIPANTE.....	120
5.4.1	ARQUÉTIPO DO AGENTE PARTICIPANTE.....	121
5.4.2	REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO.....	123
5.4.2.1	REPRESENTAÇÃO DA INFORMAÇÃO INCOMPLETA E IMPRECISA	126
5.4.2.2	META-INTERPRETADOR	128
5.4.2.3	CARACTERIZAÇÃO DA BASE DE CONHECIMENTO	129
5.4.2.4	CARACTERIZAÇÃO DO PERFIL DOS AGENTES PARTICIPANTES.....	130
5.4.2.5	QUALIDADE DA INFORMAÇÃO REPRESENTADA.....	131
5.4.3	COMPORTAMENTO ESTRATÉGICO DO AGENTE PARTICIPANTE	135
5.5	MÓDULO EMOCIONAL	136
5.5.1	AVALIAÇÃO DAS EMOÇÕES	137
5.5.2	SELECÇÃO DAS EMOÇÕES	140
5.5.3	DECAIMENTO DAS EMOÇÕES	141
5.5.4	ESTADO DE ESPÍRITO	142
5.6	MÓDULO DE DECISÃO.....	143
5.6.1	CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA MULTI-CRITÉRIO	143
5.6.2	ALGORITMO NAI (<i>NEGOTIABLE ALTERNATIVES IDENTIFIER</i>)	144
5.7	SISTEMA DE ARGUMENTAÇÃO.....	148
5.7.1	PROTOCOLO PARA A TROCA DE ARGUMENTOS ENTRE AGENTES PARTICIPANTES	149
5.7.2	SELECÇÃO DO AGENTE A PERSUADIR	150
5.7.3	GERAÇÃO DE ARGUMENTOS	151
5.7.4	SELECÇÃO DE ARGUMENTOS	155
5.7.5	AVALIAÇÃO DE ARGUMENTOS.....	156
5.8	CONCLUSÃO.....	161

CAPÍTULO 6 **163**

IMPLEMENTAÇÃO E AVALIAÇÃO **163**

6.1	INTRODUÇÃO	164
6.2	CARACTERÍSTICAS	165
6.3	IMPLEMENTAÇÃO.....	165
6.3.1	PLATAFORMA DE DESENVOLVIMENTO DE AGENTES.....	166
6.3.2	MODELO DA APLICAÇÃO.....	170
6.3.3	SIMULADOR	173
6.4	CASO DE ESTUDO	177

6.4.1	AMBIENTE PARA A REALIZAÇÃO DAS SIMULAÇÕES	178
6.4.2	APLICAÇÃO DO SIMULADOR AO CASO DE ESTUDO	181
6.4.3	ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS NAS DIFERENTES SIMULAÇÕES	193
6.5	CONCLUSÕES	195
<u>CAPÍTULO 7</u>		<u>197</u>
<u>CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO.....</u>		<u>197</u>
7.1	SÍNTESE DA DISSERTAÇÃO.....	198
7.2	IMPACTO E DIVULGAÇÃO DO TRABALHO REALIZADO	201
7.3	LIMITAÇÕES E TRABALHO FUTURO	204
<u>REFERÊNCIAS.....</u>		<u>209</u>
<u>REFERÊNCIAS URL</u>		<u>229</u>

Lista de Figuras

Figura 1.1 – Arquitectura do Sistema Multiagente.....	5
Figura 1.2 – Arquitectura do agente participante	6
Figura 2.1 – Classificação de Agentes.....	14
Figura 2.2 – Visão parcial de uma classificação de agentes.....	15
Figura 2.3 – Arquitectura Deliberativa	16
Figura 2.4 – Arquitectura Reactiva.....	17
Figura 2.5 – Arquitectura Híbrida	18
Figura 2.6 – Estruturação da componente emocional.....	32
Figura 3.1 – Estruturas de tomada de decisão	52
Figura 3.2 – Modelo de decisão de Simon	55
Figura 3.3 – Modelo circumplexo de McGrath	59
Figura 3.4 – Taxonomia multi-dimensional para o estudo dos SADG.....	64
Figura 3.5 – Matriz de DeSanctis e Gallupe.....	67
Figura 3.6 – Mecanismo de persuasão entre dois agentes	76
Figura 4.1 – Exemplo de aplicação do modelo de Toulmin	89
Figura 4.2 – Programa em PLE	93
Figura 5.1 – Arquitectura do Sistema Multiagente.....	115
Figura 5.2 – Protocolo de decisão.....	119
Figura 5.3 – Arquitectura do Agente Participante	121
Figura 5.4 – Pirâmide da “Informação”.....	124
Figura 5.5 – Relação entre o volume e o valor da “informação”.....	124
Figura 5.6 – Representação de um Espaço Hiper-Dimensional	134
Figura 5.7 – Representação de um Espaço Hiper-Dimensional (total falta de informação).....	134
Figura 5.8 – Representação de um Espaço Hiper-Dimensional (qualidade óptima) .	135
Figura 5.9 – Arquitectura do sistema emocional	137
Figura 5.10 – Protocolo de argumentação	150
Figura 5.11 – Algoritmo de selecção do agente a persuadir.....	151
Figura 5.12 – Algoritmo de avaliação de pedidos não formalmente fundamentados	157
Figura 5.13 – Algoritmo de avaliação de pedidos com argumento	159
Figura 6.1 – Tipo e formato das mensagens trocadas entre os agentes	168
Figura 6.2 – Modelos de desenvolvimento.....	171
Figura 6.3 – Modelo da aplicação.....	172
Figura 6.4 – Agente AgtApp	172
Figura 6.5 – Ecrã principal do simulador	174
Figura 6.6 – Configuração de uma simulação	174

Figura 6.7 – Definição do perfil de um novo agente participante.....	175
Figura 6.8 – Configuração das regras de geração de emoções	176
Figura 6.9 – Comunidade de agentes	176
Figura 6.10 – Laboratório de Ambientes Inteligentes de Decisão	180
Figura 6.11 – Configuração da simulação.....	182
Figura 6.12 – Configuração do problema multi-critério	182
Figura 6.13 – Configuração do perfil de um agente participante.....	183
Figura 6.14 – Configuração das preferências individuais	184
Figura 6.15 – Preferências iniciais	185
Figura 6.16 – Ronda de argumentação, apelo à benevolência	186
Figura 6.17 – Resultado da primeira ronda de argumentação.....	187
Figura 6.18 – Ronda argumentativa	188
Figura 6.19 – Resultado da ronda argumentativa.....	189
Figura 6.20 – Resultado da última ronda de argumentação	190
Figura 6.21 – Número de rondas argumentativas por tipo de agente.....	192
Figura 6.22 – Número médio de rondas argumentativas por tipo de agente.....	193
Figura 6.23 – Taxa de sucesso das diferentes estratégias	194

Lista de Tabelas

Tabela 2.1 – Modelo OCC revisto	33
Tabela 2.2 – A emoção e o projecto Oz.....	37
Tabela 3.1 – Taxonomia multi-dimensional para o estudo dos SADG	65
Tabela 3.2 – Variante da taxonomia proposta por DeSanctis e Gallupe	67
Tabela 4.1 – Classificação de diálogos (Walton e Krabbe, 1995).....	101
Tabela 4.2 – Abordagens para a geração, selecção e avaliação de argumentos	110
Tabela 5.1 – Relação entre o peso da condição e o valor utilizado no cálculo da intensidade	140
Tabela 5.2 – Relação entre o tipo de argumento e a sua força potencial.....	158
Tabela 6.1 – Problema de decisão multi-critério	178
Tabela 6.2 – Preferências iniciais dos agentes.....	184
Tabela 6.3 – Símula dos resultados obtidos com o cenário	191

Lista de Abreviaturas

- ACL – *Agent Communication Language*
- AHP – *Analytic Hierarchy Process*
- AMR – *Agent Message Router*
- API – *Application Programming Interface*
- ArgEmotionAgents – *Argumentative Agents with Emotional Behaviour Modelling for Participants' Support in Group Decision-Making Meetings*
- BC – *Base de Conhecimento*
- CDI – *Crenças, Desejos e Intenções*
- CORBA – *Common Object Request Broker Architecture*
- FCT – *Fundação para a Ciência e Tecnologia*
- FIPA – *Foundation for Intelligent Physical Agents*
- FTP – *File Transfer Protocol*
- GECAD – *Grupo de Investigação em Engenharia do Conhecimento e Apoio à Decisão*
- HTML – *HyperText Markup Language*
- I&D – *Investigação e Desenvolvimento*
- IA – *Inteligência Artificial*
- IAD – *Inteligência Artificial Distribuída*
- ICL – *Inter-agent Communication Language*
- ISCTE – *Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa*
- JADE – *Java Agent DEvelopment*
- JATLite – *Java Agent Template, Lite*
- JVM – *Java Virtual Machine*
- KIF – *Knowledge Interchange Format*
- KQML – *Knowledge Query Manipulation Language*
- KSE – *Knowledge Sharing Efforts*
- LAID – *Laboratório de Ambientes Inteligentes de Decisão*
- NAI – *Negotiable Alternative Identifier algorithm*
- OAA – *Open Agent Architecture*
- PDA – *Personal Digital Assistants*
- PLE – *Programação em Lógica Estendida*

SADG – Sistemas de Apoio à Tomada de Decisão em Grupo

SRI – *Stanford Research Institute*

SGML – *Standard Generalized Markup Language*

SMA – Sistemas Multiagente

SPSS – *Statistical Package for the Social Sciences*

W3C – *World Wide Web Consortium*

XML – *eXtended Markup Language*

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

A journey of a thousand miles begins with a single step.

LAO-TSÉ

Este capítulo pretende fornecer uma visão global do tema da dissertação, ou seja, a utilização de agentes com poder de argumentação e inteligência emocional, na simulação da tomada de decisão em grupo. Após o enquadramento do tema, são expostas as motivações que estiveram subjacentes à realização deste trabalho. Em seguida são apresentados os objectivos que se pretendem atingir, bem como é realizada uma breve descrição do trabalho que foi desenvolvido com vista à obtenção dos mesmos. Por último, é apresentada a estrutura da dissertação.

1.1 Enquadramento

Uma das actividades que o ser humano realiza com mais frequência é a tomada de decisões, mesmo que por vezes não se aperceba do que está a acontecer. Podem ser decisões de cariz económico ou político, como por exemplo a aquisição de equipamento militar, ou podem ser decisões tão triviais como, por exemplo, a selecção de um destino de férias por um grupo de amigos.

O problema da tomada de decisão em grupo insere-se no âmbito dos Sistemas de Apoio à Decisão, ganhando o seu próprio espaço, na medida em que nos dias de hoje várias pessoas, entidades, ou, se preferirmos, agentes, estão envolvidos na maioria dos processos de tomada de decisão. Garante-se, deste modo, a consideração de vários pontos de vista na resolução de um dado problema (e.g., na compra de um carro poderemos considerar o preço, as características técnicas, o design ou a marca).

Até há alguns anos atrás a inteligência emocional não era considerada prioritária pelos investigadores da área da tomada de decisão, que a viam mesmo como prejudicial à tomada de decisão, a qual devia alavancar-se em aspectos puramente racionais. Os agentes de decisão tinham como tarefa avaliar o possível impacto das diferentes alternativas em análise, da forma mais racional possível, e seleccionar aquelas que maximizassem a utilidade do seu desfecho.

O tema abordado no trabalho que nos propomos aqui descrever refere o recurso a metodologias de resolução de problemas, baseadas no conceito de agente, para a simulação de processos de tomada de decisão em grupo, em que se dá particular ênfase à argumentação e à componente da inteligência emocional.

O domínio de aplicação seleccionado corresponde ao dos problemas de decisão multi-critério, dado que, não raras vezes, é comum depararmo-nos com situações de tomada de decisão em que dispomos de várias alternativas para analisar, as quais por sua vez são valoradas por um dado conjunto de critérios, que não raras vezes se encontram em oposição.

1.2 Motivação

Com a globalização da economia, os elementos de um grupo de tomada de decisão, como, por exemplo, peritos ou especialistas em determinadas áreas, estão em locais geograficamente distintos, e não é de forma nenhuma viável reuni-los em tempo útil numa sala de decisão. Ora as formas em que se projectava uma reunião têm vindo progressivamente a ser modificadas, tendo a Internet dado uma contribuição significativa para que isso se tornasse uma realidade.

Apesar de já existirem vários Sistemas de Apoio à Tomada de Decisão em Grupo, estes apresentam várias limitações, das quais se destacam: a não modelação do problema de tomada de decisão através de um Sistema Multiagente, a não consideração de processos argumentativos elaborados, os quais normalmente antecedem as decisões e, a não consideração da inteligência emocional.

É neste contexto que se desenvolve este trabalho, potenciando a interligação de quatro grandes áreas: a Tomada de Decisão em Grupo, os Sistemas Multiagente, a Argumentação e a Emoção. Aquilo que se pretende é que o problema da tomada de decisão em grupo possa ser visto como um problema modelado através de Sistemas Multiagente, em que os actores se socorrem da argumentação, negociação e decisão, com um suporte formal adequado, sem descurar claro a inteligência emocional das partes.

Nesse sentido, neste trabalho propõe-se um Sistema Multiagente, dando assim corpo a uma ferramenta computacional, destinado a modelar os processos de tomada de decisão em grupo, onde cada agente representa uma das partes no processo de tomada de decisão.

1.3 Objectivos e breve descrição do trabalho realizado

O trabalho descrito nesta tese enquadra-se no âmbito do projecto *ArgEmotionAgents – Argumentative Agents with Emotional Behaviour Modelling for Participants’ Support in Group Decision-Making Meetings* (POSC/EIA/56259/2004) que é um projecto financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT), tendo sido aprovado com a classificação de excelente e que teve início em Fevereiro de 2005. O *ArgEmotionAgents* visa a utilização dos Sistemas Multiagente no apoio aos processos

de tomada de decisão em grupo, procurando realçar os aspectos que se interligam através da argumentação e da emoção. Na área do suporte à negociação, embora já exista muito trabalho realizado, este assenta numa componente racional (excluindo a componente social e emocional). No *ArgEmotionAgents* parte-se da constatação de que a argumentação constitui-se como sendo a forma primordial de obtenção de consensos no seio de um grupo. O objectivo último do *ArgEmotionAgents* passa pelo desenvolvimento de um Sistema Ubíquo de Apoio à Tomada de Decisão em Grupo que, com base na simulação do funcionamento de uma comunidade de agentes, que modelem os participantes do grupo e as respectivas propostas, seja capaz de fornecer apoio a um ou mais participantes, de modo a lhes sugerir quais os argumentos mais convincentes e adequados, tendo em conta as propostas existentes, as tendências de votação e o perfil dos seus pares.

Sendo assim, com o trabalho que aqui descrevemos, pretende-se que o problema da tomada de decisão em grupo possa ser modelado através de um Sistema Multiagente, onde os agentes convivem com a sua própria sensualidade, conjugam emoção com racionalidade (por forma a melhor espelhar o que se passa no mundo real), no apoio (com um suporte formal adequado) à argumentação, negociação e decisão.

O trabalho consistiu de uma primeira fase em que foram identificados os principais intervenientes em processos de tomada de decisão em grupo, nomeadamente (Marreiros et al., 2004b; Marreiros et al., 2007a) os agentes participantes, o agente facilitador, o agente de votação e o agente de informação.

Era também objectivo deste trabalho a especificação de um arquétipo de um Sistema Multiagente capaz de modelar a problemática da tomada de decisão em grupo (Marreiros et al., 2006e), onde se iriam considerar os actores previamente referidos (Figura 1.1).

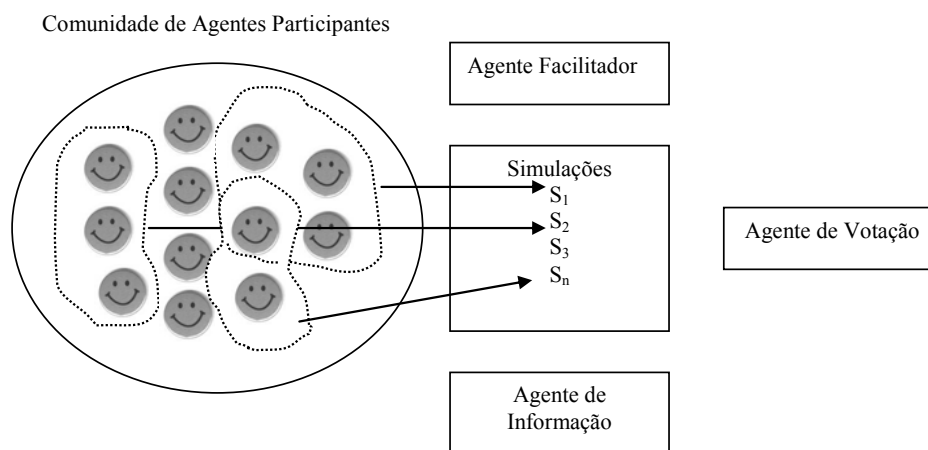


Figura 1.1 – Arquitectura do Sistema Multiagente

É à volta da comunidade de agentes participantes que se desenvolve grande parte do trabalho que é apresentado nesta tese. O arquétipo dos agentes participantes deve, por conseguinte, obedecer aos seguintes requisitos:

- Argumentado – uma vez que é através da argumentação que os agentes participantes tentam persuadir os seus pares a adoptarem como seus os objectivos de terceiros, é primordial que estes tenham capacidade de gerar, seleccionar e avaliar argumentos;
- Antropomórfico – uma vez que na simulação os agentes participantes vão desempenhar o papel dos seus homólogos (i.e., humanos), parece-nos crucial que sejam detentores de características como a benevolência, a credibilidade, a inteligência emocional, que fazem parte da assinatura dos últimos;
- Capacidade de representação de informação incompleta e imprecisa – cada agente vai construir um modelo do conhecimento que detém sobre os seus pares, e este conhecimento poderá estar longe de ser completo;
- Competência para gerir estados emocionais – a inclusão da componente emocional na tomada de decisão não deve ser descurada, pelo que os agentes participantes devem ser capazes de gerir as suas emoções e estados de espírito, e incorporá-los nos processos de raciocínio que elaboram com vista à realização de determinada acção.

Na Figura 1.2 é possível visualizar o arquétipo que propomos para os agentes participantes (Marreiros et al., 2005c; Marreiros et al., 2007b; Santos et al., 2006).

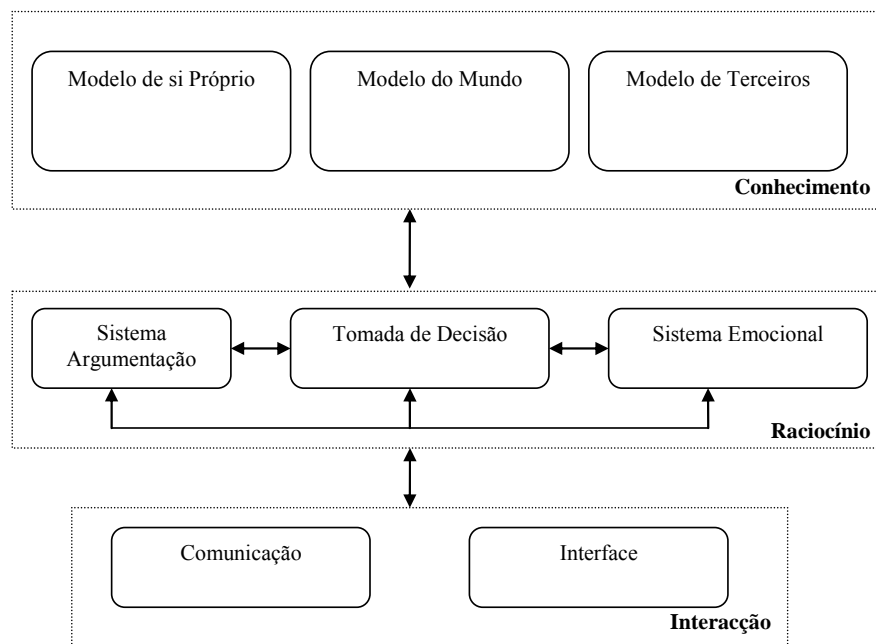


Figura 1.2 – Arquitetura do agente participante

Relembrando o propósito deste trabalho, que é a simulação de processos de tomada de decisão em grupo, é ainda considerada a definição de um protocolo para o processo de tomada de decisão em grupo (Marreiros et al., 2007b), bem como a especificação de um protocolo para o tratamento do argumentado (Marreiros et al., 2006c).

Um outro objectivo deste trabalho prende-se com a necessidade de manter a coesão entre a comunidade de agentes, pois só dessa forma tem significado a inclusão de pressupostos como a credibilidade dos agentes (dado que esta é determinada com bases em interacções prévias entre estes).

1.4 Estrutura da dissertação

Esta secção apresenta a estrutura da dissertação, com um resumo do conteúdo de cada capítulo, de modo a fornecer uma noção geral do assunto a ser desenvolvido, antes de entrar, em detalhe, na sua descrição. Esta dissertação compreende sete capítulos, sendo que o primeiro é o capítulo introdutório, onde para além de se efectuar um enquadramento do tema desta dissertação, se apresentam as motivações que estiveram subjacentes à concretização de um conjunto de objectivos, e se descreve de forma sucinta o trabalho a ser realizado.

O Capítulo 2, Sistemas Multiagente e Agentes Emocionais, além da introdução do conceito de Agente e Sistema Multiagente, contempla também o estudo da inteligência emocional, bem como das principais teorias e modelos sobre o tema já desenvolvidos. São ainda analisadas algumas das arquitecturas de agentes em uso, bem como são enunciadas algumas das suas áreas de aplicação. Por último, são também descritas algumas plataformas de suporte ao desenvolvimento de Sistemas Multiagente, nomeadamente aquela que serviu de suporte ao nosso sistema, a *Open Agent Architecture*.

O Capítulo 3, Tomada de Decisão em Grupo, atende ao facto de a tomada de decisão, por definição, ser um processo eminentemente colectivo. Por outro lado é realizada uma breve incursão pelos processos de tomada de decisão em grupo, em termos de vantagens e/ou desvantagens, estruturas e modelos de decisão. Ainda no âmbito deste capítulo é discutida a influência da inteligência emocional, tanto nos processos de tomada de decisão individual como em grupo. A última parte do capítulo é dedicada ao levantamento de alguns dos Sistemas de Apoio à Tomada de Decisão em Grupo (SADG), que já subsumem a tecnologia dirigida ao agente.

No Capítulo 4, Argumentação, é defendida a utilização da argumentação na simulação dos processos de tomada de decisão em grupo. Em particular, é estudada a utilização da argumentação no contexto da Inteligência Artificial, sendo apresentadas entre outras as teorias de Dung (Dung, 1995) e de Prakken e Sartor (Prakken e Sartor, 1997). A parte final do capítulo dedica-se ao estudo da argumentação no contexto dos Sistemas Multiagente, sendo dado particular ênfase à sua componente persuasiva.

O Capítulo 5, Modelo Proposto, propõe um Sistema Multiagente para a modelação dos processos de tomada de decisão em grupo, onde os agentes de software desempenham o papel dos actores numa tomada de decisão em grupo. Os vários agentes envolvidos, com particular enfoque nos que têm procuração de terceiros, são descritos em termos do conhecimento que transportam e objectivos que subscrevem. Nesse sentido é proposto um arquétipo para os agentes participantes, que contempla o argumentado, a inteligência emocional e a tomada de decisão.

No Capítulo 6, Implementação e Avaliação, são detalhados aspectos relacionados com a implementação do simulador, proposto no quinto capítulo, bem como é apresentado e discutido um caso de estudo no âmbito da tomada de decisão em grupo, sobre o qual

são feitos vários estudos e tiradas conclusões.

Finalmente, no Capítulo 7, são apresentadas as conclusões do trabalho efectuado e descrito ao longo desta dissertação. Apresentam-se as principais contribuições, bem como as limitações do trabalho desenvolvido. São ainda apresentadas algumas perspectivas de desenvolvimentos futuros, que visam ultrapassar as limitações referidas, e abrir novos horizontes a partir do trabalho efectuado. Por último, é feita a ligação com o projecto *ArgEmotionAgents*, onde o simulador apresentado nesta tese se assume como um dos componentes essenciais.

CAPÍTULO 2

SISTEMAS MULTIAGENTE E AGENTES EMOCIONAIS

The question is not whether intelligent machines can have any emotions, but whether machines can be intelligent without any emotions.

MARVIN MINSKY

Neste capítulo, e numa primeira aproximação ao problema, é apresentado o conceito de agente, em termos de propriedades, classificação, formas de concepção, interacção e plataformas de desenvolvimento. Uma segunda etapa é dedicada aos agentes emocionais. Para tal, a discussão é ancorada no conceito de emoção, nos seus processos de teorização e modelação, nomeadamente no que concerne ao seu impacto na área científica da Inteligência Artificial. São ainda apresentadas algumas das arquitecturas já desenvolvidas tendo este fim em vista e enunciadas algumas das suas áreas de aplicação.

2.1 Introdução

Os Agentes e Sistemas Multiagente (SMA) configuram uma nova metodologia para a resolução de problemas, porventura uma nova forma de inteligência sendo, desde os anos 80, uma das áreas de investigação e desenvolvimento à qual tem sido reconhecido potencial, tanto por parte da comunidade científica como do meio empresarial.

Este tipo de metodologia, no que concerne à resolução de problemas, tem sido aplicada a uma grande diversidade de sistemas, abertos à consideração dos mais variados tipos de questões (Gruber, 1991). Algumas das suas áreas de aplicação dão pelo nome de Comércio Electrónico (e.g., suporte à pesquisa de informação e negociação), a Robótica, os Sistemas de Gestão e Controlo da Produção e/ou os Sistemas de Controlo de Tráfego.

Os agentes podem deter conhecimento sobre os interesses, hábitos e preferências dos utilizadores, desempenhando assim um papel activo na realização de determinadas tarefas e, em particular, em situações de excesso de informação (e.g., filtragem das mensagens de correio electrónico). Os agentes podem também actuar ao nível de actividades de lazer (e.g., dar vida a um personagem animado e interagir com uma criança). Um outro exemplo de construção de personagens virtuais, recorrendo ao conceito de agentes, é dado por partes do filme “*The Lord of the Rings*”.

Neste trabalho propomo-nos utilizar a abordagem Multiagente para a construção de uma ferramenta que permita simular processos de tomada de decisão em grupo, onde cada agente representa uma das partes no processo de tomada de decisão. Como veremos no capítulo seguinte os comportamentos associados à tomada de decisão não são isentos de emoção.

Importa pois, começar por clarificar as noções de Agente e Sistema Multiagente, bem como as suas principais propriedades, formas de concepção e de interacção.

2.2 Agentes

O termo agente é utilizado, em diversas áreas do conhecimento, com diferentes significados, não sendo por isso de fácil concretização o conceito de agente. Um

agente é uma figura metafórica utilizada em várias áreas do conhecimento, que vão desde as Ciências da Computação, à Psicologia, à Economia e à Sociologia. Nas Ciências da Computação, o conceito de agente foi introduzido pela comunidade da Inteligência Artificial e, em especial, com a apresentação do modelo de objectos interactivos, designado de Actores, proposto por Carl Hewitt e os seus colegas (Hewitt et al., 1973).

De acordo com Stuart Russel e Peter Norvig (Russel e Norvig, 2003), um agente é algo que recolhe informação e/ou conhecimento do mundo através de sensores e que actua nesse ambiente através de actuadores. Pattie Maes (Maes, 1996), por sua vez, define um agente como um sistema computacional que habita um dado ambiente, sente e age de forma autónoma nesse ambiente, e ao fazê-lo realiza um conjunto de objectivos ou tarefas para o qual foi projectado. Esta definição embora semelhante à apresentada por Russel e Norvig, alicerça-se em outros factores, como por exemplo a noção de objectivo, tarefa e formas de actuação autónoma.

Uma das definições de agente mais conhecidas e aceites na comunidade é apresentada por Michael Wooldridge e Nicholas Jennings (Wooldridge e Jennings, 1995), em que um agente é definido como uma peça de hardware ou software, que goza de propriedades tais como autonomia, reactividade, pro-actividade e sociabilidade. Estas características são abordadas em detalhe na secção que se segue.

2.2.1 Propriedades dos Agentes

Michael Wooldridge e Nicholas Jennings em 1995 apresentam uma separação do termo agente em dois níveis: um mais *fraco* e potencialmente mais lato, e um outro mais *forte* e naturalmente mais específico.

A noção fraca de agente tem a sua origem em áreas do conhecimento como a da Computação Distribuída, para a qual um agente é visto como um sistema computacional baseado em software que apresenta, entre outras, as seguintes valências:

- Autonomia – capacidade que um agente tem em actuar sem a intervenção directa de outros agentes, ou de humanos, possuindo ainda alguma forma de controlo sobre o seu estado de organização interna e sobre as acções que

corporiza;

- Reactividade – capacidade que um agente tem em detectar flutuações no seu universo de discurso e de responder em conformidade a essas mudanças;
- Pró-atividade – capacidade que um agente tem em actuar não só em resposta a alterações no seu universo de discurso, mas também como forma de atingir os seus próprios objectivos, tomando a iniciativa sempre que isso se mostre apropriado;
- Sociabilidade – capacidade de interacção com outros agentes e eventualmente com humanos, com o objectivo de atingir os seus próprios objectivos ou de ajudar a atingir os objectivos de terceiros.

A noção de agente forte tem as suas raízes na área científica da Inteligência Artificial, e corporiza o agente como um ser antropomórfico, ou seja, que possui características que normalmente são próprias dos humanos. Nesse pressuposto, para se caracterizar um agente forte, para além das propriedades referidas anteriormente, terá ainda que se tomar em consideração:

- Conhecimento – consiste numa colecção de informação dinâmica que traduz o modelo que o agente tem do mundo ou universo de discurso em que se insere. Ter conhecimento denota, neste contexto, ter capacidade de raciocínio;
- Crença – denota a contextualização e subsequente quantificação do valor de verdade, que o agente detém, de uma determinada afirmação ou asserção sobre um dado facto constante do universo de discurso. As crenças são por norma dinâmicas, ou seja, o seu valor de verdade pode variar ao longo do tempo;
- Intenções – representam acções que o agente planeia realizar no futuro;
- Obrigações – resultam de compromissos que o agente assumiu no passado e que por isso se sente na obrigação de cumprir;
- Emoções – entendidas como prerrogativas próprias do ser humano, têm vindo a ser transportadas para o mundo dos agentes. Os primeiros passos dados no sentido de atribuir tais características antropomórficas aos agentes foram dados por Joe Bates (Bates et al., 1992); i.e., agentes podem ser dotados da capacidade de exprimir as suas próprias emoções e de intuir as de terceiros.

Existe, ainda, um outro conjunto de propriedades a que normalmente se recorre para caracterizar os agentes, nomeadamente:

- Mobilidade – capacidade de um agente se movimentar, seja entre máquinas ou entre sistemas computacionais diferentes;
- Veracidade – o agente não deverá comunicar informação falsa de forma intencional;
- Benevolência – o agente adopta como seus os objectivos de terceiros, desde que estes não colidam com os seus próprios objectivos;
- Racionalidade – o agente deve actuar de forma a atingir os seus objectivos, e não deve realizar acções que impeçam a realização dos mesmos. Em cada instante, e de acordo com o seu conhecimento e potencial, o agente deverá executar a acção mais apropriada à obtenção dos seus objectivos.

2.2.2 Classificação dos Agentes

É usual encontrar como sinónimo de agente termos como robôs, agentes de software (i.e., *softbots*), *knowbots*, *taskbots* ou *userbots*, assistentes pessoais, personagens virtuais. Estes sinónimos surgem na tentativa de os investigadores caracterizarem melhor a sua área de investigação, contudo contribuem de certa forma para a incompreensibilidade do conceito de agente.

Na tentativa de melhor caracterizar o termo agente e dividi-los em classes, várias classificações podem ser encontradas na literatura (Nwana, 1996; Russel e Norvig, 2003; Wooldridge e Jennings, 1994; Franklin et al., 1996). Normalmente a tipificação dos agentes é efectuada tendo por base o conjunto das características que estes detêm.

Segundo Hyacinth Nwana (Nwana, 1996) podemos classificar tipologicamente os agentes de acordo com 4 classes principais:

- Mobilidade – os agentes podem ser classificados como móveis caso tenham a capacidade de se movimentarem entre diferentes equipamentos e/ou através de diferentes redes, ou então como estacionários, caso não possuam essa capacidade;
- Comportamento – os agentes podem ser do tipo reactivo ou deliberativo,

sendo que, no primeiro caso actuam através da invocação de regras do tipo percepção/reacção, e no segundo os agentes possuem capacidade de raciocínio simbólico permitindo-lhes actualizar a sua representação do universo de discurso e do seu próprio estado mental;

- Características exibidas – Hyacinth Nwana (Nwana, 1996) identifica três características básicas que os agentes devem possuir, autonomia, cooperação e aprendizagem, classificando a partir daí os agentes em quatro tipos: agentes colaborativos, agentes colaborativos com capacidade de aprendizagem, agentes de interface e agentes inteligentes;
- Funções desempenhadas – o agente pode realizar tarefas de apoio ao utilizador, de acordo com os requisitos e preferências deste (e.g., agentes de pesquisa na Internet) ou pode realizar tarefas de natureza mais repetitiva.

Hyacinth Nwana (Nwana, 1996) propôs ainda a existência de um tipo de agente que reunia um ou mais tipos de prerrogativas, e atribuiu-lhe o nome de híbridos. Sendo assim, foram diferenciadas sete categorias distintas de agentes: agentes colaborativos, agentes de interface, agentes móveis, agentes de informação, agentes reactivos, agentes híbridos e agentes inteligentes (Figura 2.1).

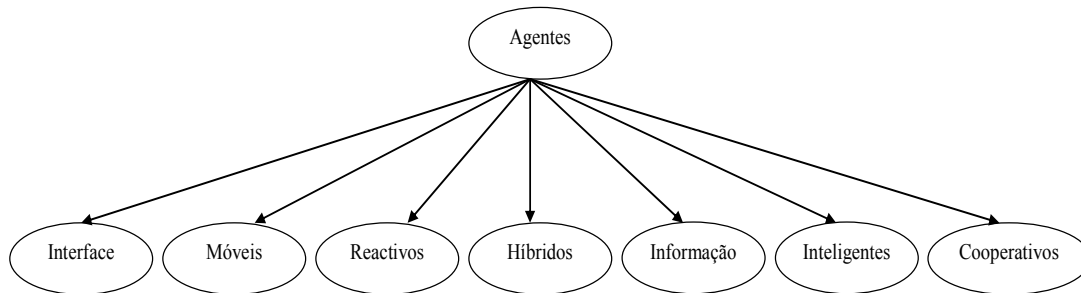


Figura 2.1 – Classificação de Agentes [Adaptado de Nwana (Nwana , 1996)]

Na classificação de Nwana, tal como é reconhecido pelo autor, a inclusão das funções desempenhadas na classificação vem introduzir alguma entropia, pois é evidente que a matriz do agente está intrinsecamente relacionada com as funções que este pode desempenhar. No entanto, a matriz básica identificada no modelo de Nwana, dá-nos uma visão de classificação que vai de encontro à de Wooldridge e Jennings (Wooldridge e Jennings, 1995). Mais importante ainda, é a noção de que as fronteiras

visíveis na Figura 2.2 não podem ser estanques (e.g., nada impede que um agente cooperativo tenha algum grau de capacidade de aprendizagem).

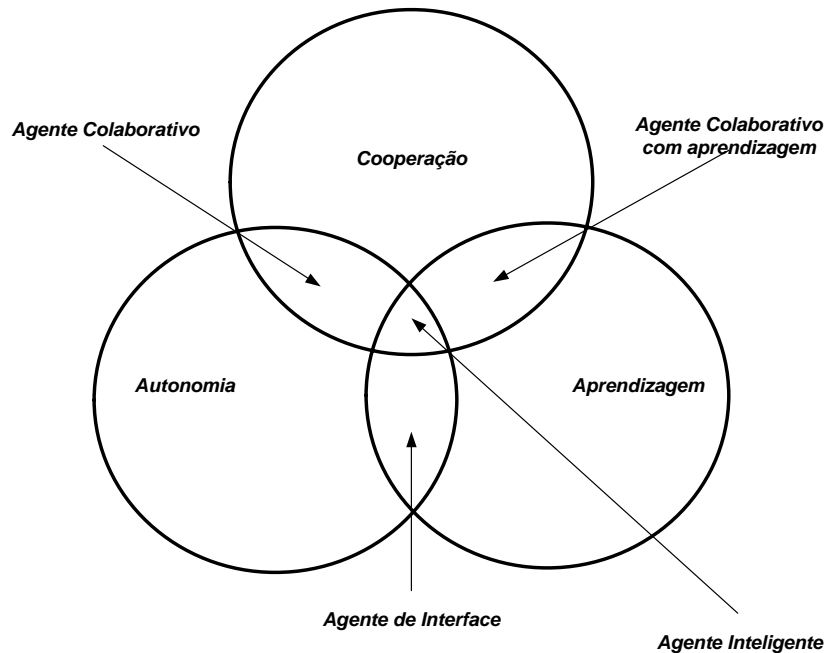


Figura 2.2 – Visão parcial de uma classificação de agentes [Adaptado de Nwana (Nwana, 1996)]

2.2.3 Arquitecturas de Agentes

A arquitectura não é mais do que o arquétipo a que o agente obedece, em termos das suas funcionalidades, forma de organização e interacção (Maes, 1991). A arquitectura de um agente está ainda associada ao conjunto de funcionalidades que subscreve e aos mecanismos de decisão que contempla, que influenciam a sua forma de actuação e a própria arquitectura dos Sistemas Multiagente em que porventura se venha a inserir.

Isto não nos pode levar a descuidar que a Inteligência Artificial (IA) procura atribuir aos agentes capacidades de raciocínio e de inteligência próprias, em princípio diferenciáveis e não passíveis de classificação segundo os referenciais de que os humanos se socorrem, i.e., o conceito de “inteligência”, segundo a Inteligência Artificial, passa por ser o factor que distingue os agentes inteligentes de outros componentes de software.

No campo da IA os agentes computacionais são divididos em três grandes categorias, de acordo com o tipo de comportamento que exibem, nomeadamente a deliberativa, a

reactiva e a híbrida (Wooldridge, 2002; Müller, 1997; Weiss, 2000; Wooldridge e Jennings, 1994).

2.2.3.1 Arquitectura Deliberativa

Um agente deliberativo desenvolve-se à volta de uma modelação de base simbólica do seu universo de discurso. As suas decisões (e.g., a selecção da acção a realizar) são baseadas em manipulação simbólica, de natureza dedutiva ou indutiva (Figura 2.3).

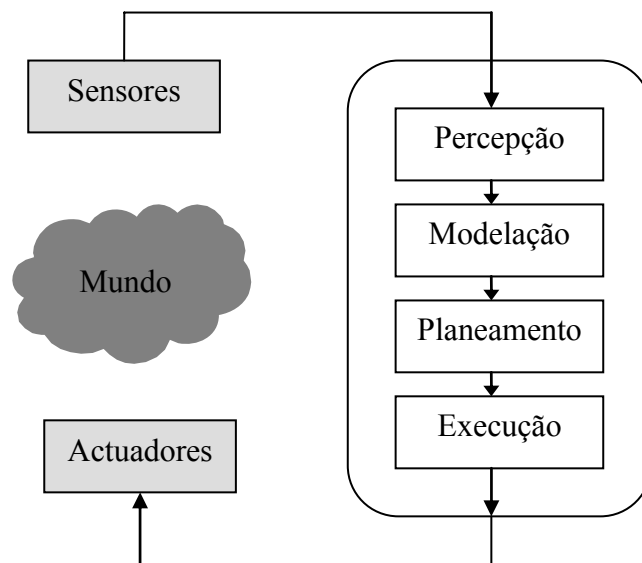


Figura 2.3 – Arquitectura Deliberativa

As críticas mais frequentemente apontadas a esta arquitectura prendem-se com a dificuldade que existe em traduzir a informação do mundo real para um modelo simbólico adequado, e a forma de levar os agentes a raciocinar (e.g., construção de um plano de acção e a sua implementação).

2.2.3.2 Arquitectura Reactiva

Os agentes reactivos partem do pressuposto de que não é necessário possuir qualquer tipo de representação do mundo ou universo de discurso em que estão inseridos, para que possam apresentar um comportamento entendido como inteligente (Brooks, 1987). Sendo assim, um agente reactivo não possui qualquer representação interna e simbólica do ambiente em que está inserido, nem qualquer forma de raciocínio lógico

complexo. O agente comporta-se como um autómato inserido no ambiente que o rodeia, em que os procedimentos que interioriza corporizam um conjunto base de simples regras do tipo condição/acção (Figura 2.4).

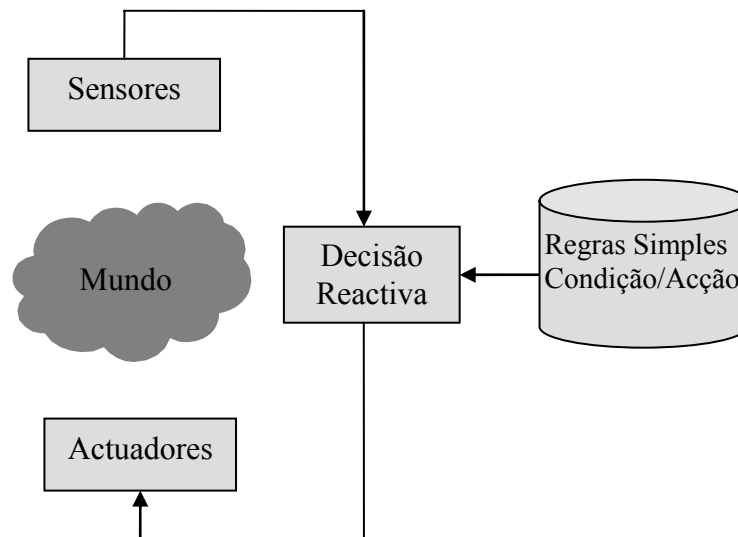


Figura 2.4 – Arquitectura Reactiva

O modelo de referência neste tipo de arquitectura deve-se a Brooks, com a conhecida Arquitectura de Subsunção (Brooks, 1986). Nesta arquitectura tem-se um sistema organizado hierarquicamente, onde os níveis inferiores da hierarquia denotam ou corporizam um refinamento de procedimentos, e os níveis superiores falam por comportamentos mais abstractos e elaborados. Cada nível da hierarquia tem capacidade de percepção/acção, podendo ainda ser invocado de uma forma concorrente (Russel e Norvig, 2003).

Várias críticas têm sido apontadas a este modelo, sendo a principal o facto de existir um número reduzido de situações a que se aplica.

2.2.3.3 Arquitectura Híbrida

Os agentes com uma arquitectura híbrida têm como objectivo reunir num único modelo o que de melhor têm as arquitecturas reactivas e deliberativas. Os agentes reactivos são de certa forma redutores, o que limita a implementação de estratégias direccionadas à resolução de problemas. Por outro lado, os agentes deliberativos ao

exibirem formas de representação de conhecimento e/ou de raciocínio algo complexas, podem comprometer o relacionamento com o exterior, em termos de solicitações que daí possam surgir e do tempo que será necessário para as satisfazer.

Uma arquitectura híbrida caracteriza-se por incorporar quer flutuações de natureza reactiva quer as de natureza deliberativa. Esta arquitectura é normalmente organizada em camadas, obedecendo a uma certa hierarquia, onde cada camada responde por um certo nível de abstracção. É estabelecida uma relação de ordem entre as camadas reactiva e deliberativa de forma a aproveitar algumas das sinergias da primeira, como seja a sua capacidade de resposta em tempo útil. Ora, as camadas podem estar organizadas quer vertical quer horizontalmente. Numa arquitectura com organização vertical apenas a primeira camada interage com o mundo, enquanto que numa organização horizontal, todas as camadas têm contacto com este (Figura 2.5).

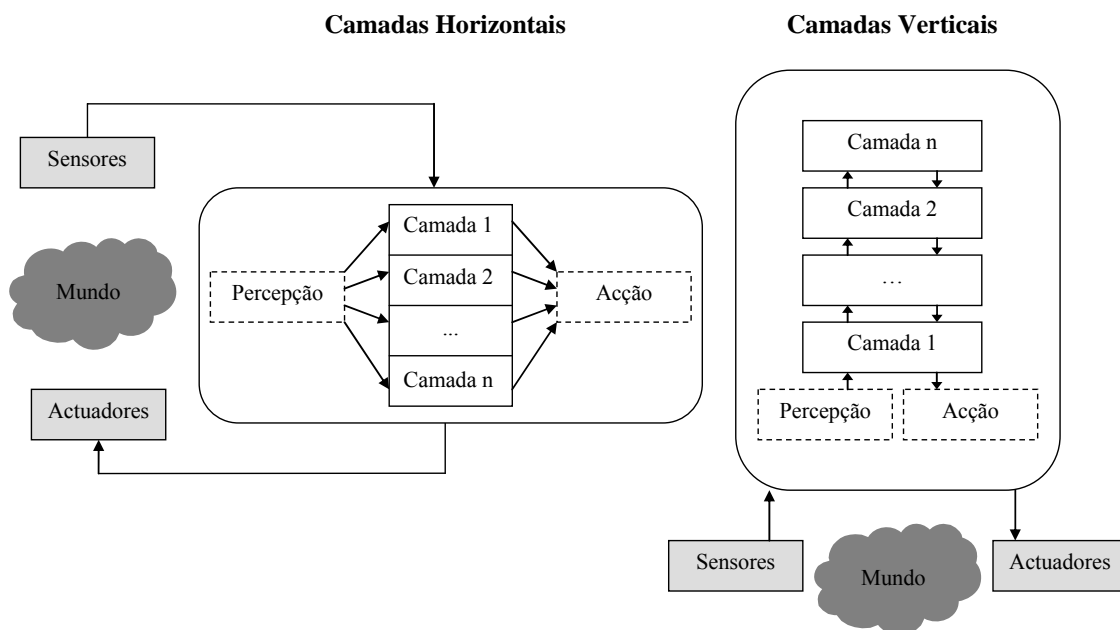


Figura 2.5 – Arquitectura Híbrida

Várias arquitecturas híbridas têm sido propostas, como é o caso da arquitectura *TouringMachines* (Ferguson, 1992), que se desenvolve em termos de uma organização horizontal das camadas, ou da arquitectura *InteRRap* (Müller, 1996), que se caracteriza por uma organização vertical.

2.2.4 Sistemas Multiagente

O estudo dos Sistemas Multiagente (SMA) teve a sua origem no domínio da Inteligência Artificial Distribuída (IAD), podendo estes serem definidos como uma população de agentes que têm um certo comportamento social (Durfee e Rosenchien, 1994; Ferber, 1993). É uma das áreas do conhecimento que se tem vindo a afirmar, onde para além de se realizar investigação de qualidade, surgem a todo momento novos produtos, com aplicação na indústria, comércio e serviços.

Uma outra definição deve-se a Michael Wooldridge (Wooldridge, 2002), na qual um Sistema Multiagente é um conjunto de agentes com duas características algo peculiares:

- Autonomia – capacidade de decidirem por si próprios do que necessitam, de forma a atingirem os seus objectivos;
- Interação – capacidade de interagir com outros agentes, não só para troca mensagens, como também para participar em actividades sociais que exigem, entre outros dons, capacidade de cooperação, coordenação, negociação, tal como acontece no dia a dia da maioria dos seres humanos.

Marvin Minsky (Minsky, 1985) propõe a utilização dos SMA como base para a concretização da inteligência em sistemas computacionais, afirmando:

I'll call "Society of Mind" this scheme in which each mind is made of many smaller processes. These we'll call agents. Each mental agent by itself can only do some simple thing that needs no mind or thought at all. Yet when we join these agents in societies -- in certain very special ways -- this leads to true intelligence.

Os agentes pertencentes a um SMA não têm necessariamente de ser altruístas, podendo não raras vezes denotar entidades egoístas e/ou entidades com diferentes pontos de vista e interesses, podendo mesmo entrar em conflito. Por exemplo, o sistema *Persuader* desenvolvido por Katia Sycara (Sycara, 1989; Sycara, 1990) permite a mediação e resolução de conflitos laborais através de argumentação persuasiva, utilizando agentes não completamente cooperativos para representar o(s) sindicato(s), a(s) organização(s) e um mediador.

As motivações que levam ao recurso aos SMA na resolução de problemas são de diversa índole, nomeadamente no que respeita (Jennings et al., 1998a):

- À sua robustez e desempenho;
- À possibilidade de interligação com sistemas pré-existentes (e.g., sistemas periciais ou sistemas de apoio à decisão);
- À apresentação de uma arquitectura natural para problemas onde dados, conhecimento e controlo possam estar distribuídos.

No âmbito do trabalho aqui descrito, a principal motivação no que respeita à utilização dos SMA na resolução de problemas, prende-se com o facto de estes permitirem simular o comportamento de grupos de indivíduos a trabalhar em parceria, em particular quando envolvidos em processos de tomada de decisão, já que permitem (Marreiros et al., 2005a):

- Modelação individual – cada participante num processo de tomada de decisão em grupo pode ser representado por um agente que interactivará com os seus pares, em que as componentes social e emocional são objecto de atenção;
- Flexibilidade – os grupos, em termos de composição, são aferidos como entidades dinâmicas, que tendem a adaptar-se à natureza dos problemas que lhes são colocados para apreciação;
- Distribuição dos dados – é frequente que os participantes de um processo de tomada de decisão em grupo estejam geograficamente distribuídos, não sendo de descurar a componente de ubiquidade que estes podem vir a ter que equacionar.

A área dos SMA é uma área deveras abrangente e sedutora, sendo muito difícil expor todas as suas potencialidades num trabalho desta dimensão. De seguida abordam-se alguns dos seus aspectos mais técnicos, como é o caso da interacção entre agentes e algumas plataformas que suportam a sua análise e desenvolvimento.

2.2.4.1 Interacção entre Agentes

De um modo geral, a comunicação é definida como a “troca de informação entre

indivíduos através da fala, da escrita, de um código comum e/ou do próprio comportamento”. No âmbito dos Sistemas Multiagente a linguagem de comunicação configura a forma pela qual é comunicada o conteúdo de uma mensagem (Labrou e Finin, 1997).

Num Sistema Multiagente os agentes devem poder comunicar, independentemente da heterogeneidade que possa existir relativamente a plataformas em que se faz a sua análise e desenvolvimento, linguagens de programação, formas de representação do conhecimento ou sistemas de raciocínio. Comunicando, os agentes podem trocar conhecimento, negociar, ordenar acções, partilhar emoções, e assim por diante.

Por outro lado são vários os formalismos e tecnologias que têm vindo a ser apresentados de forma a colmatar o problema da comunicação inter-agentes, sendo alguns referidos de seguida.

KIF

O formato KIF (*Knowledge Interchange Format*) denota um formalismo computacional para a troca de conhecimento entre agentes (Genesereth e Fikes, 1992). É do tipo declarativo, em que o conhecimento é dado na forma de “fórmulas” em Lógica de Primeira Ordem.

KQML

A linguagem KQML (*Knowledge Query Manipulation Language*) foi desenvolvida em 1993 como parte do projecto *Knowledge Sharing Efforts* (KSE) na Universidade de Maryland (Finin e Weber, 1993; Labrou e Finin, 1997), com o objectivo de se tornar um padrão de comunicação entre agentes. Trata-se de uma linguagem estruturada, que se desenvolve em termos de:

- Conteúdo – é a razão (ou motivo) da comunicação, em que o conteúdo pode ser expresso por linguagens como KIF, Prolog ou ICL;
- Mensagem – determina as interacções que se podem ter com um agente que comunique em KQML;
- Comunicação – refere-se aos parâmetros de identificação do emissor, destinatário e à multiplicidade do pacote.

ACL

A linguagem ACL (*Agent Communication Language*) foi desenvolvida pela FIPA (*Foundation for Intelligent Physical Agents*) (FIPA, URL). Trata-se de uma linguagem que de certa forma sofreu um processo de hibridização, ou seja:

- A KQML é utilizada como linguagem de comunicação, permitindo que as mensagens sejam contextualizadas;
- A KIF é utilizada como linguagem responsável pela codificação dos conteúdos das mensagens trocadas entre os agentes;
- Serve-se de ontologias que definem um conjunto classes, funções e alfabetos, a que se aplica uma axiomática que permite a interpretação das mensagens trocadas.

ICL

A linguagem ICL (*Inter-agent Communication Language*) é a linguagem de interface, comunicação e coordenação partilhada por todos os agentes desenvolvidos na plataforma de desenvolvimento de agentes *Open Agent Architecture* (descrita na secção 2.2.4.2).

A ICL é partilhada por todos os agentes independentemente da plataforma onde estão a ser executados e da linguagem em que foram programados. A ICL foi desenvolvida como uma extensão à linguagem de programação Prolog, de forma a herdar as sinergias inerentes ao seu poder de unificação e de *backtracking*.

Cada agente define e publica um conjunto de funcionalidades alicerçadas numa “especificação” expressa em ICL, descrevendo os serviços que fornece. Isto estabelece um interface de alto nível para o agente cliente que é usado pelo agente facilitador na comunicação com o agente cliente e na delegação de pedidos de serviços ou partes de pedidos para este. Em parte devido ao uso de Prolog como a base do ICL, a “especificação” de uma ou mais funcionalidade é chamada de *solvable*. Por exemplo, na criação de um agente para um sistema de *email* podem ser definidos os seguintes *solvables*: envio de uma mensagem, testar se a mensagem sobre um dado assunto em particular chegou à lista de *emails* ou mostrar uma mensagem em particular no ecrã.

XML

O XML (*eXtended Markup Language*) foi desenvolvido por um consórcio que se auto denominou de *World Wide Web Consortium* (W3C, URL). O XML é uma linguagem de marcação que pretende combinar a flexibilidade da *Standard Generalized Markup Language* (SGML) com a simplicidade do HTML. O XML permite descrever virtualmente qualquer tipo de informação (e.g., entidades, objectos, estruturas de dados).

Ao contrário, das linguagens citadas nas secções anteriores, a linguagem XML não possui mecanismos integrados que suportem directamente a comunicação entre agentes, contudo dada a sua flexibilidade e facilidade de utilização é passível de ser usada neste contexto.

2.2.4.2 Plataformas de desenvolvimento de Agentes

A plataforma de comunicação de agentes disponibiliza o meio físico para a transmissão de informação entre os agentes que constituem o Sistema Multiagente. São várias as plataformas que suportam a comunicação entre entidades distribuídas heterogéneas e inteligentes. Jacques Ferber (Ferber, 1999) propõe uma classificação para o suporte à comunicação entre agentes que assenta em três vectores:

- A ligação entre o remetente e o destinatário pode ser do tipo ponto a ponto, em que o agente remetente envia uma mensagem ao destinatário, identificando-o, ou multiponto, onde os potenciais destinatários da mensagem constituem o colectivo do sistema;
- A natureza do meio ou canal de comunicação pode ser do tipo reencaminhamento directo, em que o agente envia a mensagem ao canal de comunicação e este encarrega-se de a fazer chegar ao respectivo endereço, ou então, por reencaminhamento por propagação de nível, em que uma mensagem é difundida pelo ambiente e a sua intensidade vai decrescendo à medida que a distância entre as partes aumenta, ou ainda, por reencaminhamento por anúncio público, situação em que a mensagem é colocada num espaço comum que é visível para todas as entidades do sistema;
- A intenção da comunicação pode ser do tipo intencional, nos casos em que o

processo que determina a comunicação é encetado voluntariamente pelo agente, ou não intencional, quando este processo se dá de uma forma que é independente da vontade do emissor.

Em seguida são apresentadas algumas plataformas que suportam o desenvolvimento de sistemas baseados em agentes.

Open Agent Architecture

A plataforma *Open Agent Architecture* (OAA) foi desenvolvida no Centro de Inteligência Artificial do *Stanford Research Institute* (SRI International), com o objectivo de integrar uma comunidade de agentes de software heterogéneos num ambiente distribuído (OAA, URL). As principais características da plataforma OAA podem ser enunciadas na forma:

- Aberta – os agentes podem ser desenvolvidos em várias linguagens (e.g., Prolog, Java, ANSI C/C++, LISP) e utilizando diferentes sistemas operativos. Neste caso, as barreiras da linguagem e do sistema operativo são mínimas;
- Distribuída – os agentes podem ser distribuídos por múltiplas máquinas ligadas em rede. Esta é uma vantagem a considerar, pois permite diminuir os tempos de execução de uma simulação, especialmente quando envolve um grande número de agentes;
- Extensível – é possível adicionar e remover agentes em tempo de execução, permitindo a criação de diferentes cenários, porventura mais flexíveis e robustos que o(s) inicial(is);
- Móvel – podem ser executados interfaces com o utilizador baseados no OAA em *Personal Digital Assistants* (PDAs).

A plataforma OAA é composta por dois tipos distintos de agentes: os facilitadores do OAA e os clientes. Normalmente existe apenas um facilitador por aplicação, mas é possível ter múltiplos facilitadores. O facilitador do OAA é o agente responsável pelas tarefas relacionadas com a coordenação e a comunicação entre agentes. O facilitador do OAA tem de certo modo um comportamento similar ao de um *router*, no sentido em que é responsável pela distribuição de dados e mensagens pelo conjunto de agentes clientes. A primeira comunicação entre dois agentes é obrigatoriamente feita

através do facilitador, após o que estes poderão comunicar directamente, se tal for considerado necessário. O outro tipo de agente a considerar é o agente cliente que, quando criado, estabelece uma ligação com o facilitador, informando-o dos serviços que fornece.

A plataforma OAA utiliza como protocolo de comunicação entre os agentes a linguagem ICL.

JADE

A *Java Agent DEvelopment* (JADE) é uma plataforma de desenvolvimento de agentes de acordo com os standards da FIPA (JADE, URL). Esta plataforma configura um *package* de desenvolvimento de aplicações distribuídas na forma Multiagente, através de um *middleware* baseado na arquitectura de comunicação “*peer-to-peer*”, inteiramente desenvolvida em Java. A FIPA define uma série de protocolos e normas para a interacção entre agentes. Devido ao facto da plataforma ser desenvolvida em Java, a aplicação distribuída pode correr em diferentes sistemas operativos necessitando apenas de uma *Java Virtual Machine* (JVM) em cada *host*. Cada máquina virtual é basicamente um repositório de agentes que corporizam um ambiente computacional e permitem a execução concorrente de agentes no mesmo *host*.

O principal objectivo da JADE é o de facilitar o desenvolvimento e assegurar a conformidade face a um “standard” num conjunto de serviços e agentes de um sistema. As principais características da plataforma JADE passarão, agora, a ser enumeradas:

- Distribuição – a plataforma de agentes pode ser dividida por vários *hosts*, no entanto em cada *host* é executada apenas uma aplicação Java e uma *Java Virtual Machine*;
- Interface gráfico para gerir plataformas e agentes a partir de um *host* remoto;
- Suporte à mobilidade de agentes;
- Suporte à execução de actividades múltiplas, paralelas e concorrentes entre agentes;
- Mecanismo interno de transporte de mensagens.

JATLite

O *Java Agent Template, Lite* (JATLite) é uma plataforma que contém um conjunto de hierárquico de classes escritas na linguagem Java, que permitem aos utilizadores desenvolverem um Sistema Multiagente usando o protocolo de rede TCP/IP e a linguagem KQML para suportar a comunicação entre agentes (JATLite, URL). Esta plataforma permite desenvolver um sistema com base no mecanismo de herança da linguagem JAVA, ou seja, através da reutilização de classes é possível criar um novo sistema.

O JATLite ultrapassa as restrições de segurança dos browsers no que respeita a *applets*. Os agentes podem correr a partir de qualquer browser. A comunicação utilizada para interligar agentes/*applets* com outros agentes ou agentes/*applets* é realizada com recurso a uma aplicação específica, onde todos os agentes têm de estar registados, e que dá pelo nome de *Agent Message Router* (AMR). Esta aplicação torna a ferramenta (JATLite) muito mais funcional, pois permite que qualquer agente registado na plataforma possa trocar mensagens ou transferir ficheiros com base no *File Transfer Protocol* (FTP), basicamente trocando informação com outros agentes através de diferentes computadores onde quer que estes estejam.

Outras Plataformas

Existem muitas iniciativas no campo das plataformas de desenvolvimento de agentes. Alguns exemplos são disso testemunha, sendo de referir o ZEUS (Nwana, 1996; Nwana e Wooldridge, 1997), o AgentBuilder (AgentBuilder, URL), o RONIN (Chen, 2000) e a Aglets (Lange e Oshima, 1998), entre outros. Um levantamento das diversas plataformas existentes para o desenvolvimento de agentes pode ser consultado em (Poslad et al., 2000).

O ZEUS é uma ferramenta que permite o desenvolvimento de aplicações Multiagente colaborativas (Zeus, URL), desenvolvida pela equipa de investigação em Agentes Inteligentes da *British Telecommunications Laboratories*. O ZEUS foi implementado em Java, procurando as mais-valias desta linguagem: independência da plataforma, execução concorrente, orientação à Internet e um conjunto de *Application Programming Interfaces* (APIs), que têm sido objecto de uma constante evolução.

O AgentBuilder permite o desenvolvimento de software baseado em agentes “inteligentes” (AgentBuilder, URL) e foi apresentada pela *IntelliOne Technologies*

Corporation.

A plataforma de agentes RONIN (Ronin, URL) foi desenhada para ajudar no desenvolvimento de sistemas dinâmicos móveis e distribuídos. Esta plataforma foi desenvolvida com base na arquitectura JINI (Kumaran, 2001).

A Aglets é uma ferramenta para criação de agentes móveis na linguagem de programação Java, tendo sido desenvolvida inicialmente pela IBM; actualmente é mantida por uma iniciativa de código aberto (Aglets, URL).

A plataforma que seleccionámos para realizar o trabalho que aqui se descreve, foi a OAA. Para esta selecção contribuiu o facto de esta alavancar a escrita de agentes em diferentes linguagens de programação, bem como permitir a sua execução em outras plataformas, para além de facilitar a inserção e/ou remoção de agentes de uma forma dinâmica (i.e., em tempo de execução).

2.3 Agentes Emocionais

Como foi referido na introdução, a problemática da emoção está intrinsecamente relacionada com a noção de inteligência e a capacidade que uma entidade apresenta para a tomada de decisão. A palavra deriva do latim *emovere*, que por sua vez é formada pelo verbo *movere* que significa “mover”, e pelo prefixo “e” que exprime “afastamento”, ou seja, representa um movimento de exteriorização. No dicionário é possível encontrar a seguinte definição para emoção: reacção psíquica e física (agradável ou desagradável) em face de determinada circunstância ou objecto, por vezes traduzindo-se em modificações da respiração, da circulação sanguínea e até de secreções (Infopédia, URL). António Damásio (Damásio, 1994) definiu emoção como sendo a combinação de um processo de valoração mental, simples ou complexo, com respostas disposicionais a esse processo, na sua maioria dirigidas ao corpo propriamente dito, resultando num estado emocional do corpo, mas também dirigidas ao próprio cérebro, resultando em alterações da mente.

Os termos “emoção”, “estado de espírito” e “afecto” são não raras vezes utilizados de forma indistinta. De acordo com Joseph Forgas (Forgas, 1995) o “afecto” é o mais genérico dos três e normalmente é utilizado para referir o conjunto de emoções e estados de espírito do agente.

A emoção é normalmente referida como uma experiência intensa, de curta duração (segundos ou minutos), com uma origem específica e da qual o indivíduo se apercebe e está consciente.

Ao contrário das emoções, os estados de espírito tendem a ser menos intensos, de longa duração (horas ou dias) e dos quais o indivíduo nem sempre tem consciência. Os estados de espírito podem ser causados por uma emoção muito intensa ou recorrente, ou ainda por aspectos ambientais (e.g., uma alteração climática).

No âmbito deste trabalho vamos adoptar a distinção feita por Joseph Forgas (Forgas, 1995) entre emoção e estado de espírito.

Atendendo ao facto dos Agentes serem muitas vezes concebidos para ajudar ou mesmo substituir o ser humano na realização de tarefas, e considerando a importância dos aspectos emocionais, estados de espírito e afecto para o ser humano, entende-se que faz todo o sentido considerá-los ao nível do agente, especialmente quando estes são concebidos para auxiliar os humanos em processos de tomada de decisão.

Ao longo desta secção iremos apresentar vários modelos para lidar com os aspectos emocionais destas entidades, estabelecer a ligação entre Emoção e Inteligência Artificial e apresentar várias arquitecturas computacionais com elas relacionadas.

2.3.1 Teorias da Emoção – breve resenha histórica

Uma das primeiras abordagens ao estudo sistemático das emoções foi realizada por William James (James, 1884) e Carl Lange (Lange, 1885), que embora tenham desenvolvido os seus estudos separadamente, anunciaram os seus resultados mais ou menos ao mesmo tempo, o que fez com que a teoria que anunciavam ficasse conhecida como a de James-Lange. A teoria de James-Lange sugere que as emoções são consequência de uma resposta fisiológica dos humanos a estímulos externos, sendo identificadas através da análise às respostas dadas por estes (e.g., se vejo um urso, então fico a tremer, se estou a tremer então estou com medo, onde medo é a emoção identificada). De acordo com esta teoria, a cada emoção está associada uma reacção fisiológica diferente.

Walter Cannon (Cannon, 1927), bem como Philip Bard (Bard, 1934), e de modo independente, criticaram a teoria de James-Lange, defendendo que primeiro surge a

emoção e só depois as acções/reacções. A teoria defendida por estes dois autores ficou conhecida como a teoria de Cannon-Bard (e.g., quando uma pessoa chora, segundo esta última teoria a pessoa chora porque está triste, enquanto que na teoria de James-Lange a pessoa está triste porque chora).

Stanley Schachter e Jerome Singer (Schachter e Singer, 1962) apresentam uma extensão à teoria de James-Lange, assumindo que as reacções fisiológicas são insuficientes para identificar a emoção, mas constituem um bom ponto de partida. Os autores sugerem que a identificação do tipo de reacção é motivação para uma subsequente avaliação cognitiva da situação que lhe deu origem, o que por sua vez leva à identificação da emoção. Esta teoria ficou conhecida como a teoria dos dois factores.

Madga Arnold em 1960, introduziu a noção de avaliação na psicologia das emoções, caracterizando-a como o processo através do qual a importância e significado de uma situação para um indivíduo são determinados (Arnold, 1960). Magda Arnold reconhecia que o processo de avaliação em si mesmo era inconsciente, reservando para o nível consciente o sentimento das emoções. O trabalho de Madga Arnold deu origem a muitas outras teorias de avaliação, sendo de realçar o trabalho de Nico Frijda (Frijda, 1986) e de Richard Lazarus (Lazarus, 1966; Lazarus, 1991).

2.3.2 Modelos Emocionais baseados em avaliação

2.3.2.1 Modelo de Roseman

De acordo com este modelo (Roseman et al., 1990) as emoções são geradas tendo por base um procedimento de associação de eventos. Os eventos são divididos em eventos com motivos consistentes e eventos com motivos inconsistentes. Os primeiros são definidos como sendo consistentes com os objectivos do indivíduo, enquanto que os segundos, os inconsistentes, são eventos que ameaçam um dos objectivos que o indivíduo se propõe alcançar. Os eventos foram ainda classificados de acordo com a causa do evento, podendo ser causados por terceiros, pelo próprio ou ser de circunstância. Outra categoria que foi utilizada para diferenciar emoções foi o facto de evento ter sido motivado por o sujeito pretender uma recompensa ou por pretender evitar um castigo. Uma outra forma de classificação dos eventos utilizada foi uma medida de certeza. Um evento pode-se declarar de uma forma inesperada, certa, ou

incerta, i.e., passível de uma valoração.

Uma última classificação alicerça-se na percepção que o sujeito tem de si, se se acha forte para reagir em determinadas situações e fraco face a outras, contexto este em que podem ser geradas diferentes formas de emoção. Por exemplo se o sujeito se depara com um evento algo opaco (i.e., não susceptível de catalogação), com uma valoração, por exemplo de 0.2, e se vê a si próprio numa relação de subalternidade em relação ao mesmo, poderá vir a sentir medo. Se pelo contrário o sujeito se vê numa posição de comando face ao evento, então a sensação (i.e., emoção) gerada será de frustração.

2.3.2.2 Modelo de Ortony, Clore e Collins

Em 1988, Andrew Ortony e os seus colegas publicaram o livro “*The Cognitive Structure of Emotion*” (Ortony et al., 1988), onde apresentam uma categorização sistemática das emoções. Neste livro é apresentado o modelo OCC, assim chamado por ter sido desenvolvido por Ortony, Clore e Collins.

Vários foram os projectos que implementaram o modelo OCC. Um dos mais conhecidos é o projecto *Oz*, que lida com a implementação de agentes credíveis (i.e., está-se na presença de agentes que interagem com o utilizador e que o levam a acreditar no agente como uma entidade viva) e que será apresentado na secção 2.3.5. Outro exemplo de utilização do modelo OCC como base de desenvolvimento é a arquitectura Tabasco (Staller e Petta, 1998).

O modelo OCC defende que as emoções são resultado de três tipos diferentes de valorações subjectivas, que a seguir se enunciam:

- Avaliação da satisfação do agente face a certo tipo de eventos, relativamente aos objectivos iniciais que o agente se propôs atingir;
- Valoração das acções praticadas por um dado agente ou conjunto de agentes no que respeita a um conjunto de comportamentos padrão;
- Valoração da apetência que o agente demonstra pelos objectos, do seu universo de discurso, no que respeita às atitudes do próprio agente.

Os eventos são como que espasmos, onde estão incluídas as acções desencadeadas pelos próprios agentes. Estes são denominados de agradáveis ou desagradáveis face aos objectivos que o agente persegue. Os objectivos representam alguma coisa que o

agente deseja, e podem ser activos (i.e., se o agente tem poder de influência, decisão) ou passivos (i.e., se o agente deseja que a acção X se concretize, mas não depende de si a realização de X). Os eventos originam momentos de alegria e angústia (i.e., emoções), a intensidade dos quais depende de um certo número de factores, entre os quais se pode contabilizar o facto de o evento ser muito/pouco (des)agradável. A previsão de acontecimentos futuros pode originar momentos de esperança e/ou medo, onde mais uma vez a intensidade dos estados emocionais está relacionada com o facto do futuro evento ser muito/pouco (des)agradável para os objectivos que o agente se propõe alcançar.

As acções dos agentes podem ser aprovadas ou desaprovadas relativamente a um certo referencial. Este(s) referencial(ais) pode(m) ter em linha de conta regras do tipo comportamental (i.e., que se relacionam com a moral do indivíduo, com a distinção entre o “bem” e o “mal”), bem como com as crenças sobre as capacidades individuais dos agentes.

De acordo com as atitudes (i.e., gostos pessoais, preferências) do agente, este pode apreciar ou não um determinado objecto (que pode ser outro agente). O facto de um agente se aproximar (i.e., pensar, imaginar, observar) de um objecto de que gosta/não gosta, pode originar situações em que se desenvolvem relações de amizade/antipatia (i.e., emoções).

Por outro lado, as emoções ao sobreporem-se, podem dar origem a novas emoções (e.g., a raiva pode ser resultado da combinação de censura e de angústia. Se o agente A bate no agente B então o agente B vai desaprovar a acção do A (censura) e ao mesmo tempo vai sentir-se angustiado, o que se traduz em raiva). De modo semelhante a gratidão é a combinação de estados de alegria e de admiração. De modo análogo se poderá dizer que a gratificação resulta da combinação de estados de alegria com o orgulho; o remorso resulta da combinação de angústia e vergonha. O modelo OCC é agora dado na Figura 2.6.

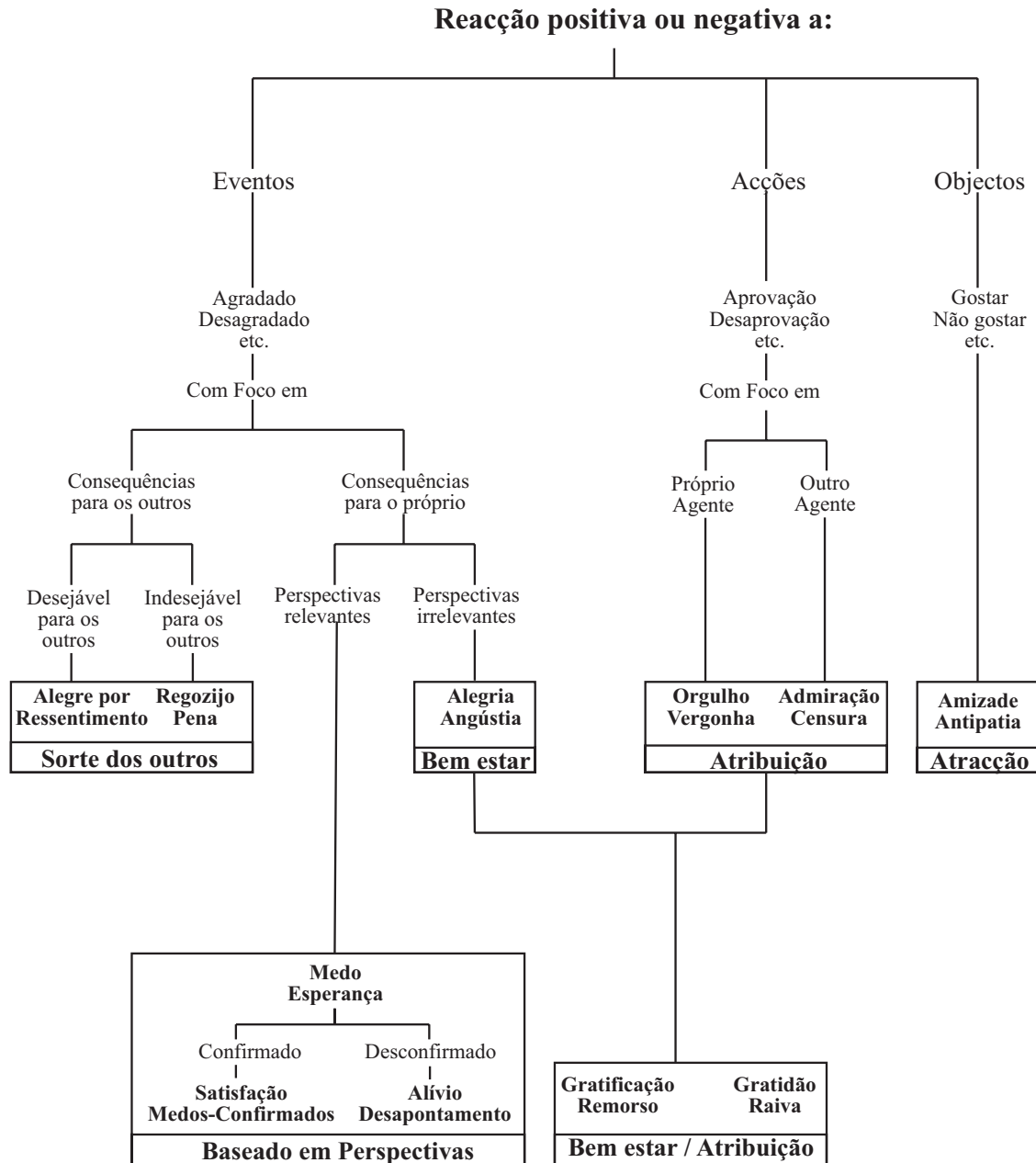


Figura 2.6 – Estruturação da componente emocional [Adaptado de Ortony et al., 1988; Elliot, 1994]

Do ponto de vista computacional, o processo de geração de emoções pode ser materializado através da implementação de um conjunto de procedimentos (regras) que têm em linha de conta os vários aspectos do ambiente que os agentes partilham (i.e., eventos, outros agentes, procedimentos).

Este processo deve ser passível de valoração, porventura na linha definida por Ortony (Ortony et al., 1988), que recorre para esse fim a uma avaliação com base na

cognição. Na verdade não se pode deixar de referir que um dos processos de avaliação mais mencionados (e eminentemente cognitivo) passa pela comparação dos resultados de uma acção planeada contra os resultados da sua aplicação. A intensidade do estado emocional depende da importância do objectivo que se pretendia alcançar, através da escolha de determinada acção, e que o agente falhou ou não na sua execução (Gratch, 2000), bem como do esforço que o agente já depositou na sua concretização.

Em 2003 foi apresentada uma versão simplificada deste modelo (Ortony, 2003), onde são distinguidas duas categorias de comportamentos emocionais: positivos e negativos. Tal como no modelo original, as emoções resultam de três tipos distintos de avaliações: objectivos/eventos, padrões e gosto. Na tabela 2.1 é possível visualizar o modelo OCC revisto, após agregação de algumas das categorias originais.

Tabela 2.1 – Modelo OCC revisto

	Positivas	Negativas
Indiferenciadas	Porque alguma coisa boa aconteceu. (Alegria)	Porque alguma coisa má ocorreu. (Tristeza)
Objectivos	Possibilidade de alguma coisa boa acontecer. (Esperança)	Possibilidade de alguma coisa má acontecer. (Medo)
	Porque uma coisa má que podia ocorrer não aconteceu. (Alívio)	Porque uma coisa boa que se esperava que acontecesse não ocorreu. (Desapontamento)
Padrões	Um acto admirável que foi realizado pelo próprio. (Orgulho)	Um acto reprovável que foi realizado pelo próprio. (Remorso)
	Um acto admirável que foi concretizado por outros. (Gratidão)	Um acto reprovável que foi realizado por outros. (Raiva)
Gosto	Por achar alguém ou algo atractivo ou apelativo. (Amizade)	Por achar alguém ou algo repulsivo ou pouco apelativo. (Antipatia)

Apesar do número de implementações já efectuadas do modelo OCC, este não se encontra livre de senãos, nomeadamente o facto do modelo OCC não possuir uma memória dos acontecimentos passados, para além de não ser possível a consolidação, a um nível superior ou meta-nível, das emoções.

2.3.3 Modelos Emocionais com base nas neurociências

2.3.3.1 Hipótese dos Marcadores Somáticos de António Damásio

António Damásio (Damásio, 1994), neurocientista da Faculdade de Medicina da Universidade de Iowa, demonstrou como a ausência de emoção e de sentimento pode anular a nossa racionalidade. Para o autor (Damásio, 2000), a emoção e a razão são elementos constitutivos, ou seja, "não há uma oposição entre emoção e racionalidade". Não é uma questão de escolha entre razão, emoção, lógica ou conhecimento. O ser humano necessita de tudo para poder tomar decisões com qualidade e em tempo útil.

Uma das experiências mais citadas é o caso de Phineas Gage, que até sofrer um acidente que destruiu uma parte significativa do lóbulo pré-frontal do seu cérebro, era descrito como um indivíduo equilibrado, meticoloso e persistente. Phineas Gage recuperou do acidente sem qualquer défice motor, com a linguagem e a memória preservada, no entanto a sua personalidade e carácter estavam profundamente alteradas. Phineas Gage tornou-se num indivíduo com imensas dificuldades em se relacionar com os outros, rude, incapaz de se socializar e de estabelecer planos para o futuro.

De acordo com Damásio, o caso de Phineas Gage e de outros pacientes com lesões no lóbulo pré-frontal, dão-nos evidências de que as regiões do cérebro que interferem na tomada de decisão estão fortemente relacionadas com as responsáveis pela componente emocional, o que leva a reafirmar a forte ligação que existe entre emoção e raciocínio.

A hipótese dos marcadores somáticos foi lançada por António Damásio em 1994 (Damásio, 1994), para explicar o papel das emoções na racionalidade. De acordo com o autor, os acontecimentos positivos ficam associados a uma marca positiva e os acontecimentos negativos a uma marca negativa. A função de um marcador somático é essencialmente reduzir o número de alternativas em análise, uma vez que o ser humano ao se deparar com um conjunto de alternativas rejeita de imediato aquelas às quais estão associados sinais negativos. Só depois desta pré-selecção é que o indivíduo irá efectuar uma análise custo/benefício e seleccionar uma das hipóteses. Portanto, os marcadores somáticos podem não ser suficientes para a tomada de decisão, mas provavelmente aumentam a precisão e a eficiência do processo de

tomada de decisão.

Em 2000, Rodrigo Ventura (Ventura, 2000) propõe um arquétipo de agente, cujo funcionamento é baseado em emoções. O modelo alicerça-se no pressuposto dos marcadores somáticos de Damásio.

2.3.3.2 Teoria da Emoção e Adaptação de Joseph LeDoux

Joseph LeDoux, neurocientista na Universidade de Nova Iorque, sustenta que as emoções, e em particular o medo, representam um grande valor adaptativo para os indivíduos, desempenhando um papel deveras importante na sua capacidade de adaptação a ambientes dinâmicos.

Joseph LeDoux defende que algumas reacções e memórias com condicionantes emocionais podem ser formadas sem qualquer tomada de consciência ou atitude cognitiva do indivíduo nesse sentido (LeDoux, 1996; LeDoux, 2000), defende que as respostas emocionais podem advir de dois circuitos distintos. Um circuito superior, onde o estímulo sensorial é passado ao Córtex Sensorial, e só depois é passado à Amígdala (responsável pelas reacções emocionais), e que permite uma avaliação profunda dos estímulos, incluindo possíveis relações com outros estímulos e/ou com representações de experiências anteriores. No segundo, denominado de circuito inferior, o estímulo é passado directamente à Amígdala, onde é efectuado um processamento rudimentar desse estímulo, e é gerada uma resposta imediata. Enquanto que no circuito superior o indivíduo tem consciência dos estímulos, no circuito inferior o cérebro detecta sinais de perigo e gera padrões, como, por exemplo, de luta/fuga, mesmo antes que o indivíduo tenha consciência do estímulo que causou o medo.

Joseph Ledoux atribui ainda à Amígdala uma forte influência no processo de formação das memórias de longo prazo (LeDoux, 1996), e conseqüentemente na sua capacidade de adaptação e de aprendizagem a novas situações.

2.3.4 Emoção e Inteligência Artificial

Inspirados em modelos psicológicos de emoção, investigadores da área científica da Inteligência Artificial (IA) começam a reconhecer a importância da modelação da

componente emocional quando se trata de desenvolver sistemas computacionais direccionados para a tomada de decisão. Rosalind Picard (2003) sintetizou motivações para dotar as “máquinas” de capacidades emocionais, nomeadamente:

- As emoções podem ser úteis na construção de robots e personagens sintéticas com capacidade de simular o comportamento de seres vivos. O recurso à problemática da emoção aumenta a credibilidade destes seres agentes perante os humanos;
- A capacidade de exprimir e entender a emoção pode ser deveras útil para o melhoramento da interacção Homem-Máquina. Se pensarmos, por exemplo, numa aplicação educacional, será muito útil se o agente tiver a capacidade de interpretar o estado emocional do utilizador (e.g., através de expressões faciais, pressão sanguínea). Não é de excluir que um utilizador fatigado possa não aceitar determinado(s) tipo(s) de interacção(ões);
- Para construir máquinas “inteligentes”, embora o conceito de máquina “inteligente” seja algo muito vago ou até mesmo indefinido;
- Para tentar entender a emoção e simulá-la. Este é um ponto de grande relevância para este trabalho, porque embora não se pretenda enveredar por um estudo em profundidade deste tema, pretende-se simular o comportamento de um grupo de humanos num processo de tomada de decisão.

As publicações de Aaron Sloman (Sloman e Croucher, 1981) e de Marvin Minsky (Minsky, 1985) foram cruciais para o despertar do interesse dos investigadores da área da IA por esta faceta do comportamento humano. Na secção seguinte serão descritos alguns dos trabalhos já desenvolvidos na área da IA que aí se inspiraram.

2.3.5 Arquitecturas já desenvolvidas de agentes emotivos

2.3.5.1 Projecto “Oz”

Joe Bates desenvolveu agentes credíveis para o projecto *Oz*, baseando-se no modelo OCC. Este projecto, desenvolvido na Universidade Carnegie Mellon, teve como objectivo possibilitar aos autores a criação e representação de drama interactivo (Bates et al., 1992).

No projecto *Oz* as emoções são agrupadas em tipos (i.e., grupos), sendo que as emoções que se encontram dentro do mesmo tipo partilham causas semelhantes. Um dos módulos que integra a arquitectura desta projecto, é o *Em* (Reilly e Bates, 1992), que procura equacionar a emoção sob um ponto de vista computacional. A implementação desse módulo é baseada no modelo OCC, embora não o seguindo “à letra”, por razões que tiveram a ver com a sua implementação. Na tabela seguinte (Tabela 2.2) é possível visualizar as emoções implementadas no modelo *Em*, bem como as causas dessas emoções.

Tabela 2.2 – A emoção e o projecto Oz

Emoção	Causa
Alegria	Objectivo alcançado com sucesso
Angústia	Objectivo não alcançado
Esperança	Previsão de possível sucesso face à consecução de um determinado objectivo
Medo	Previsão de possível falha face à realização de certo ou dado objectivo
Orgulho	Acção do próprio que é por si aprovada de acordo com as normas vigentes
Vergonha	Acção do próprio que de acordo com as normas vigentes este desaprova
Admiração	Acção de outro que o agente aprova (de acordo com as normas vigentes)
Censura	Acção de outro que o agente desaprova (de acordo com as normas vigentes)
Amor	Aproximação a um objecto de que se gosta
Ódio	Aproximação a um objecto de que não se gosta
Gratificação	Combinação das emoções Alegria e orgulho
Gratidão	Combinação das emoções Alegria e admiração
Remorso	Combinação das emoções Angústia e vergonha
Raiva	Combinação das emoções Angústia e censura

2.3.5.2 Modelo “Flame”

O sistema *Flame* (El-Nasr et al., 2000) é um modelo computacional que equaciona e desenvolve a componente emocional com base em formas de raciocínio baseadas em lógica difusa. O *Flame* alicerça-se no modelo OCC e no modelo de Roseman, já objecto de análise neste texto.

O *Flame* foi testado na simulação interactiva de respostas por parte de um cão, sendo que vários dos aspectos do modelo foram refinados a partir de *feedback* por parte do utilizador.

O modelo tem como base a emoção, a aprendizagem e a tomada de decisão. Por conseguinte, primeiro há que sentir o ambiente (na forma de eventos), processá-lo (componente emocional) e atender às formas de aprendizagem passíveis de consideração. Há que processar as percepções do agente face ao seu universo de discurso, olhar ao módulo de aprendizagem (e.g., expectativas, associações do tipo evento – objectivo), e dessa forma produzir um esquema comportamental em que se ligam a emoção e a razão.

Este sistema foi desenhado para suportar a interacção entre o agente e o utilizador. Se fosse pretendido estender o modelo a um Sistema Multiagente teriam de ser introduzidos alguns conceitos sobre a problemática dos agentes sociais (e.g., para que um agente pudesse interagir com outros agentes a arquitectura teria de ser alargada por forma a considerar múltiplos estados mentais).

2.3.5.3 “Affective Reasoner”

Affective Reasoner é um Sistema Multiagente desenvolvido por Clark Elliot (Elliot, 1992). É uma adaptação computacional do modelo OCC. Os agentes deste sistema têm a capacidade de simular um grande número de emoções (na ordem das vinte e quatro) e cerca de mil e duzentas expressões emocionais. Cada agente dispõe de uma representação de si próprio (i.e., a identidade do agente) bem como de uma representação de terceiros (i.e., a identidade dos agentes envolvidos na situação). Durante a simulação os agentes julgam os eventos de acordo com a sua agradabilidade e com o seu estado de conhecimento (i.e., por confirmar, confirmado, desconfirmado). Algo como alegria pode ser usufruída se um evento desejável (i.e., confirmado)

ocorre. Na produção de emoções é levada em consideração a responsabilidade dos outros agentes na ocorrência do evento.

O modelo implementado por Elliot é bastante interessante no que toca à simulação da geração de emoções, de expressões emocionais e do seu uso na interação inter agentes. Contudo existem alguns considerandos que não são tratados como a resolução de “conflitos” em que predomina a componente emocional, o impacto de aprender com estas ou com as expectativas (i.e., previsões), e o relacionamento entre emoções e os estados motivacionais.

2.3.5.4 “Cathexis”

Este modelo foi proposto por Velásquez em 1998 (Velásquez, 1998), para simular a introdução da componente emocional num Sistema Multiagente. Este modelo descreve apenas as emoções básicas e as reacções inatas, contudo é um bom ponto de partida para a simulação de respostas e suas condicionantes emocionais. Na base deste modelo está o pressuposto de que para simular os mecanismos computacionais que corporizam as componentes emocionais é necessário decifrar as estruturas neurológicas que os suportam. O modelo segue a hipótese dos marcadores somáticos de Damásio (Damásio, 1994), e vai na direcção oposta dos que adoptam, exclusivamente, modelos cognitivos de emoções como base para a análise e desenvolvimento, de tais sistemas.

Algumas das situações tratadas (i.e., emoções) têm a ver com a raiva, o medo, a angústia/tristeza, a alegria/felicidade, o desgosto e a surpresa. O modelo utilizado procura capturar vários aspectos do processo emocional, incluindo:

- Neuro-psicologia, que envolve, por exemplo, a consideração de neurotransmissores e temperatura cerebral;
- Aspectos senso-motores, que modelam expressões faciais, gestos corporais, postura e potenciais acções musculares;
- Simulação de estados motivacionais e estados emocionais;
- Avaliação de eventos, interpretação dos mesmos, comparações, atribuições, crenças, desejos, obrigações, intenções e estados de memória.

O modelo de avaliação, foi baseado no modelo de Roseman (Roseman et al., 1990). O modelo suporta mistura de emoções, embora não haja uniformidade neste processo, uma vez que o que é permitido é que uma emoção mais marcante domine outra(s) menos intensa(s) e que pode(m) ser contraditória(s). O modelo não incorpora nenhuma forma de aprendizagem na modelação de emoções, e assume-se que a experiência e a aprendizagem modificam o processo emocional (Goleman, 1995).

2.3.5.5 “Salt&Peper”

Luís Botelho do Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa (ISCTE) e Helder Coelho da Universidade de Lisboa desenvolveram o projecto *Salt&Pepper* (Botelho e Coelho, 2001). O objectivo deste projecto teve a ver com o desenvolvimento de mecanismos e funcionalidades a serem subscritas pelos agentes artificiais que possam fazer com que estes tenham tanto sucesso quanto os agentes naturais, em particular os seres humanos. Neste projecto, com bases nas Neurociências e nas Ciências Cognitivas, os autores enfatizam o papel adaptativo das emoções, uma vez que o objectivo central é desenvolver mecanismos de controle baseados em emoções para agentes artificiais e não simular ou imitar organismos naturais.

Os autores distinguem entre emoção e motivação. O processo emocional passa pela avaliação do estado global do conhecimento do agente e pela geração de sinais emocionais. No processo motivacional, o sistema cognitivo analisa o estado global do agente e selecciona a resposta adequada (e.g., tomar decisões, planear ou seleccionar acções).

No *Salt&Peper* o processo de avaliação pode ser fisiológico ou cognitivo. O primeiro (i.e., fisiológico) é responsável pelos processos de resposta rápida que consomem poucos recursos e que estão relacionados com a satisfação das motivações do agente, o segundo (i.e., cognitivo) está mais vocacionado para a resolução de problemas, para a tomada de decisão, e processos que consomem mais recursos.

Botelho e Coelho (2001) classificam as emoções de acordo com sete condicionalismos:

- Papel da emoção;

- Processo através do qual as emoções desempenham o seu papel;
- Intensidade: sinais emocionais fortes têm maior probabilidade de gerar uma resposta emocional;
- Urgência do processo de reparação (i.e., urgente ou não urgente);
- Valência, que pode ser negativa quando o estado interno do agente entra em conflito com as intenções do agente, ou positiva, no caso contrário;
- Objecto de avaliação (e.g., que pode pertencer ao ambiente exterior, fazer parte do estado interno do agente, ter a ver com eventos passados ou presentes, ser uma valoração do universo de discurso);
- Tipo de avaliação, que como vimos anteriormente, pode ser fisiológica ou cognitiva.

2.3.5.6 “Safira”

Safira (Supporting Affective Interactions for Real-time Applications) é um projecto desenvolvido no âmbito do programa IST (*Information Society Technology, 5th Framework Programme*). O consórcio responsável pela execução deste projecto é formado por organizações de vários países (Portugal, Alemanha, Reino Unido, Áustria e Suécia), e em particular pelo Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores (INESC) e pela Associação para o Desenvolvimento das Telecomunicações e Técnicas de Informática (ADETTI). O projecto tem como objectivo fazer emergir tecnologias que suportem interações afectivas; para tal foi investigado um modelo para enriquecer as interações e aplicações com uma dimensão afectiva (Paiva et al., 2001).

O Safira utiliza a arquitectura *Salt&Pepper*, descrita na secção 2.3.5.5 desta tese, para a implementação dos agentes.

2.4 Áreas de Aplicação

Actualmente, os Sistemas Multiagente estão presentes nas mais diversas áreas do conhecimento, devido à metodologia de resolução de problemas que corporizam. Em

seguida enumeram-se algumas dessas áreas:

- Aplicações Industriais – esta metodologia já foi por inúmeras vezes utilizada na resolução de problemas num contexto industrial, tendo sido esta até uma das suas primeiras áreas de aplicação (Jennings e Wooldridge, 1998) (e.g., Controlo de Processos, Gestão da Produção (Sousa et al., 2004; Madureira et al., 2006; Almeida e Marreiros, 2006), Controlo do Tráfego Aéreo e Sistemas de Transporte);
- Gestão de Informação – os avanços tecnológicos e principalmente a grande popularidade da Internet contribuíram para o excesso de informação que atinge os utilizadores, daí a importância do desenvolvimento de aplicações capazes de actuar em dois níveis distintos: filtragem de informação e aquisição de conhecimento. Esta metodologia de resolução de problemas tem sido aplicada neste domínio com bons resultados (e.g., os sistemas de filtragem de correio electrónico (Maes, 1994));
- Comércio Electrónico – na última década assistiu-se a um enorme crescimento do comércio electrónico, o que em conjunto com a evidente aplicabilidade desta metodologia de resolução de problemas a esta área contribuiu para o desenvolvimento de inúmeras aplicações de mercados electrónicos (e.g., Kasbah (Chavez e Maes, 1996), AuctionBot (Wurman et al., 1998) e o ISEM (Viamonte et al., 2006));
- Aplicações de Entretenimento – os sistemas de entretenimento representam uma área privilegiada de aplicação da metodologia de resolução de problemas referida em epígrafe particularmente no que respeita à utilização de agentes emocionais. De entre outras aplicações, há que destacar os jogos (e.g., Quake (Quake, URL)), o cinema e o teatro interactivos, com o desenvolvimento de personagens virtuais e de histórias interactivas (Mateas, 2002). Esta é uma área do conhecimento que está inevitavelmente relacionada com a temática da simulação;
- Medicina – existe um número significativo de aplicações para a área da saúde que foram desenvolvidas com base na metodologia de resolução de problemas baseada no conceito de agente. Alguns exemplos são o Guardian desenvolvido para monitorizar pacientes em unidades de cuidados intensivos (Larsson e

Hayes, 1998) e a agência AIDA que suporta a Integração Difusão e Arquivo de Informação Médica (Abelha, 2004). Também têm sido desenvolvidas aplicações para a área da prestação de cuidados de saúde (Huang et al., 1995);

- Simulação – a utilização de agentes em simuladores tem vindo a aumentar significativamente. As áreas de aplicação neste domínio são as mais diversas, podendo-se citar: a tomada de decisão, o treino militar (simuladores de voo e combate aéreo (Gratch, 2000)) e o comércio electrónico (simulação do comportamento de vendedores e de compradores (Praça et al., 2003; Brito et al., 2003; Novais, 2003));
- Ensino – Na área do ensino à distância a utilização da metodologia de resolução de problemas com base no conceito de agente e, em particular a problemática da emoção, pode contribuir para dinamizar a aprendizagem, adaptando-a aos progressos do aluno, muito dependentes do seu estado emocional (Johnson et al., 2000). Outro exemplo é o uso de tutores inteligentes para o treino de operadores de centros de controlo (Silva et al., 2006).

A utilização de agentes como metodologia para a resolução de problemas prevalece em aplicações de entretenimento, em simulação e, genericamente, em áreas onde a interacção com o utilizador seja privilegiada.

Apesar do grande leque de áreas do conhecimento que já adoptaram esta metodologia de resolução de problemas, conceitos como privacidade, responsabilidade e delegação estarão sempre em discussão quando se aborda este tema, como se exemplifica em seguida:

- A delegação de competências num agente implica a existência de um certo nível de confiança nesse agente. Como poderá o utilizador ter a certeza que o agente irá representar os seus interesses? O processo que leva ao estabelecimento de uma relação de confiança entre as partes é complexo e lento;
- O facto de um agente agir em nome de um utilizador, leva-nos à seguinte questão: como assegurar que esse agente não divulga informação privada desse mesmo utilizador?

- Se por alguma razão existir uma falha na execução de uma determinada tarefa, quem deve ser responsabilizado, o Sistema Multiagente, a pessoa, a organização responsável pela concepção do sistema ou o utilizador que autorizou a delegação de competências?

O uso de agentes emocionais levanta questões tão ou mais complexas que as anteriores (e.g., Marreiros et al., 2005b):

- Deverá ser permitido ao agente ocultar a sua face emocional dos restantes membros do Sistema Multiagente e em particular dos seus utilizadores?
- Será que os utilizadores se apercebem, sempre que estão a interagir com agentes, ou será que com o aumento da verosimilhança dos agentes, os utilizadores podem ficar confusos?

2.5 Conclusões

Na primeira parte deste capítulo fez-se uma abordagem à computação baseada em agentes e aos Sistemas Multiagente. Na segunda parte foi introduzido o conceito de emoção, foram apresentadas as principais teorias e modelos de emoção, bem como algumas das arquitecturas já existentes de agentes emocionais.

Um Sistema Multiagente revela-se como uma ferramenta adequada à resolução de um problema de tomada de decisão em grupo. Num processo de tomada de decisão em grupo têm-se vários intervenientes, especialistas em diferentes áreas, o que de certa forma garante a consideração de vários pontos de vista que valorizem de diferentes maneiras critérios diferenciados. As entidades envolvidas num processo de tomada de decisão em grupo têm características próprias que vão condicionar a sua forma de actuação quando o todo é visto como um colectivo.

Os Sistemas Multiagente dão corpo a uma nova metodologia de resolução de problemas em que assentam novas tecnologias para a simulação do comportamento de organizações, e porventura de grande utilidade no estudo dos vários tipos de processos sociais (Wooldridge, 2002). Neste trabalho propomo-nos aplicar essas tecnologias à simulação de processos de tomada de decisão em grupo, onde os agentes recorrem à argumentação (o que irá ser discutido no âmbito do capítulo quarto desta tese) como

mecanismo de negociação.

No próximo capítulo, dedicado à tomada de decisão em grupo, serão abordados conceitos genéricos relacionados com a tomada de decisão em grupo, e será também discutido o papel da emoção na tomada de decisão, em termos individuais ou em grupo.

CAPÍTULO 3

TOMADA DE DECISÃO EM GRUPO

When it is not necessary to make a decision, it is necessary not to make a decision.

LORD FALKLAND

Este capítulo começa por analisar o facto de que cada vez mais as decisões são tomadas por um colectivo, apontando-se como razão para tal as exigências da nova economia. Segue-se uma breve incursão pelos processos de tomada de decisão em grupo, em termos de vantagens e/ou desvantagens, estruturas e modelos de decisão. Ainda no âmbito deste capítulo é discutida a influência da emoção, tanto nos processos de tomada de decisão individual como em grupo. A última parte do capítulo é dedicada ao levantamento de alguns dos Sistemas de Apoio à Tomada de Decisão em Grupo (SADG), que já subsumem a tecnologia dirigida ao agente.

3.1 Introdução

A crescente competitividade exige das empresas que cada vez mais as decisões sejam tomadas de maneira rápida, sem no entanto comprometer a qualidade do processo decisório nem a qualidade dos resultados obtidos. É nesse sentido que, e cada vez com mais frequência, as decisões são tomadas por grupos de indivíduos, provenientes de uma ou mais áreas do saber. De acordo com Herbert Simon o aumento da complexidade dos problemas enfrentados pelas organizações está a retirar a autonomia aos indivíduos enquanto agentes de decisão e a substituí-los por grupos (Simon, 1997), para o que em muito contribuiu a globalização dos mercados, a criação de empresas virtuais, a necessidade de tomar decisões de uma forma rápida e eficaz e o rápido crescimento da Internet e das Intranets dessas mesmas organizações.

Por outro lado, muitas das decisões tomadas nas organizações passam pela avaliação e escolha de uma alternativa de entre as várias possíveis, sendo certo que na apreciação dessas alternativas são considerados vários critérios de diferenciação e classificação. Na avaliação destas alternativas poderá não existir o conceito de óptimo, ou seja de uma alternativa que se afirme, de forma indiscutível, melhor que todas as outras. Existe sim a noção de preferência, ou seja, existe uma alternativa que é preferida por um determinado agente ou conjunto de agentes de decisão. O grupo necessita de ajuda na tarefa de conciliar as diferentes perspectivas e preferências dos diferentes agentes de decisão que do mesmo façam parte.

De acordo com Wayne Zachary e Joan Ryder existem duas formas distintas de apoiar os agentes de decisão (Zachary e Ryder, 1997). A primeira passa por os apoiar numa situação específica de tomada de decisão, a segunda pressupõe que lhes são concedidas facilidades de treino que os levam a adquirir competências que possam utilizar numa situação concreta.

A simulação é uma técnica utilizada em áreas tão distintas como os sistema de apoio à decisão, o comércio electrónico (e.g., simulação do comportamento dos vendedores e dos compradores), situações de crise (e.g., simulação de combate a incêndios), problemas de tráfego, treino militar e entretenimento.

A simulação pode também afirmar-se como muito útil no campo da tomada de decisão em grupo (Marreiros, 2006a), atendendo a que:

- Um simulador na tomada de decisão em grupo pode assumir-se como uma ferramenta central para a modelação dos agentes de decisão, permitindo-lhes, por exemplo, testar diferentes estratégias para a formulação de argumentos e aprender com isso;
- Um simulador na tomada de decisão em grupo facilita o treino dos decisores a custo reduzido, quando considerado em alternativa à criação de grupos de trabalho que têm associados os custos inerentes a ter um conjunto de pessoas a trabalhar em sintonia;
- Um simulador na tomada de decisão em grupo pode contribuir para ajudar o colectivo na percepção (extracção) de regras do tipo comportamental, por exemplo do tipo “se...então”, como é o caso do posicionamento de um membro do colectivo face a uma ameaça que sobre este ou sobre o colectivo tenha sido colocada;
- Um simulador na tomada de decisão em grupo pode ainda ser útil como uma ferramenta de apoio a um participante de uma situação real de tomada de decisão em grupo, ajudando-o a separar o “trigo” do “joio”, no que concerne à construção de uma filosofia de argumentação (e.g., sugerindo os argumentos que porventura serão são mais adequados para enviar a determinado participante).

Ou seja, este trabalho visa desenvolver um simulador de tomada de decisão em grupo com recurso a metodologias de resolução de problemas que assentam ou se servem do conceito de agente, para criar cenários em que a tomada de decisão é multi-critério, contribuindo assim para a modelação dos agentes de decisão.

Até há alguns anos atrás, a emoção era a antítese da decisão, no entanto investigações mais recentes levam-nos a afirmar que a emoção é um factor indispensável à tomada de decisão, tal como foi analisado na secção 2.4. Assim, neste capítulo, é apresentada e discutida a influência da emoção na tomada de decisão quer a nível individual quer em grupo.

3.2 Análise do trabalho em grupo

Como já foi mencionado, a tomada de decisão em grupo tem vindo a transformar-se numa prática corrente nas organizações, pois mais do que nunca a rapidez e a pertinência das decisões a tomar é um factor que diferencia as organizações e que influencia o seu nível de desempenho. No entanto, o trabalho em grupo e em particular a tomada de decisão em grupo não tem só vantagens, apresenta também algumas disfunções. Na literatura da área encontram-se sistematizadas as maiores vantagens e desvantagens associadas ao trabalho em grupo, que se passam a enumerar (Nunamaker et al., 1991).

Vantagens do trabalho em grupo:

- Mais informação – o grupo como um todo possui mais informação que qualquer um dos seus membros;
- Sinergias – a consolidação do conhecimento dos vários elementos do grupo tem em si o potencial para gerar novo conhecimento, e daí até ao aparecimento de novas soluções alternativas para a tomada de decisão, é um pequeno passo;
- Avaliação mais objectiva – o grupo, como um todo, detecta mais facilmente a existência de quaisquer disfunção, do que qualquer das partes per si;
- Estímulo – o facto de estarem a trabalhar em grupo pode encorajar as partes a desempenharem melhor o seu papel;
- Aprendizagem – os membros do grupo podem aprender com os elementos mais experientes, e.g., através da observação e da imitação.

Desvantagens do trabalho em grupo:

- Fragmentação do tempo de discurso – a distribuição do tempo de antena pelos membros do grupo pode contribuir para uma grande fragmentação (fragilização) dos processos (i.e., formas de raciocínio) que contribuem para a formulação de um juízo;
- Bloqueio de produção, envolvendo:
 - Esvaziamento – não raras vezes os membros inibem-se ou suprimem

os seus comentários porque estes lhes parecem pouco originais ou mesmo irrelevantes;

- Concentração – o facto de os membros estarem concentrados em torno dos comentários já emitidos, pode impedi-los de emitirem os seus pontos de vista;
 - Atenção – não raras vezes alguns membros não formulam novos juízos porque estão demasiadamente preocupados em prestar atenção aos comentários de terceiros.
- Esquecimento – os membros tendem a relativizar os comentários dos seus pares;
 - Pressão da conformidade – os membros sentem relutância em criticar, discordar das opiniões de outros membros, quer por cortesia, delicadeza ou mesmo por medo de represálias;
 - Receio da avaliação – o receio de ser criticado, menorizado, pode levar a que um membro do colectivo não partilhe as suas ideias, ou se iniba de produzir comentários;
 - Desinteresse – não raras vezes elementos do colectivo delegam em terceiros algum do seu próprio protagonismo, ou mesmo a tarefa de tomada de decisão. Isto pode acontecer, quer por não se estar motivado para “lutar” por tempo de discurso, por se achar que as nossas ideias ou comentários são pouco interessantes, ou por pura ociosidade;
 - Inércia cognitiva – a discussão entre os membros segue uma linha pré-definida, sem desvios, em que o colectivo se abstém de emitir juízos que não estejam directamente relacionados com o problema em discussão;
 - Socialização – os grupos perdem demasiado tempo com a problemática da socialização, retirando tempo à tarefa de discussão (no entanto, é sempre necessária ter em atenção esta componente, para o efectivo (e normal) funcionamento do grupo);
 - Domínio – alguns elementos podem tentar fazer prevalecer as suas opiniões face às dos restantes, servindo-se de diferentes subterfúgios;

- Excesso de informação – os membros do grupo podem ter dificuldade em absorver toda a informação disponível;
- Problemas de coordenação – sem uma coordenação efectiva é muito difícil fazer o pleno das contribuições das partes, o que pode levar ao esvaziamento das discussões e à tomada de decisões de forma prematura;
- Uso de informação incompleta – não raras vezes os grupos não têm acesso à informação que lhes deveria ser disponibilizada ou, se a têm, não fazem uso desta, o que pode comprometer o processo decisório;
- Análise incompleta – não raras vezes os grupos tendem a efectuar uma análise incompleta dos problemas, o que pode resultar em discussões sem nexos, o que por sua vez pode levar à tomada de decisões inconsequentes.

Estas vantagens e desvantagens não têm necessariamente de co-existir, i.e., de se manifestarem em simultâneo. A sua existência depende não raras vezes do tamanho do grupo, da natureza da tarefa, do tipo de reunião, e assim por diante.

3.3 Estruturas de tomada de decisão

Para uma utilização eficaz de um Sistema de Apoio à Decisão, é necessário estar-se ciente do tipo de estrutura organizativa que esse sistema vai apoiar, ou no caso deste trabalho, simular. Em Holsapple e Whinston (Holsapple e Whinston, 2001) são apresentadas algumas estruturas deste tipo (Figura 3.1).

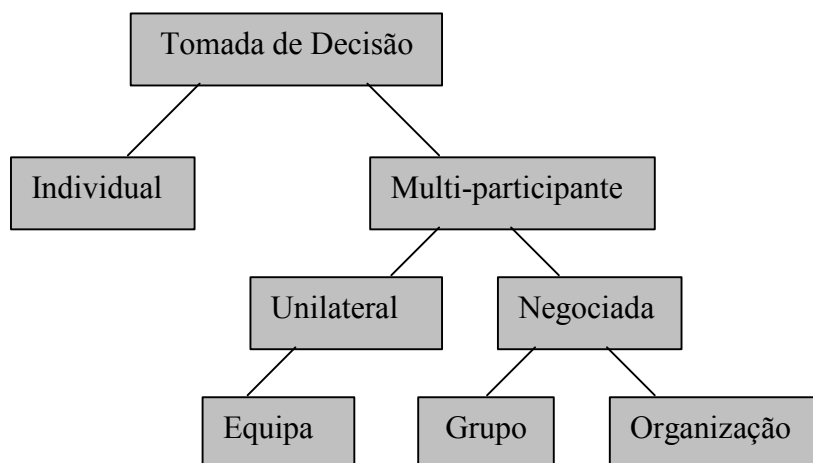


Figura 3.1 – Estruturas de tomada de decisão

Segundo esta classificação, a tomada de decisão pode ser individual ou multi-participante. No primeiro caso é suportada por sistemas de apoio à decisão clássicos. No segundo caso, em que são de considerar vários cenários, a tomada de decisão pode desenvolver-se de uma forma unilateral ou negociada.

Na tomada de decisão unilateral, apenas um dos membros do grupo tem poder de decisão; no entanto, apesar de os restantes membros não terem poder efectivo de decisão, podem vir a influenciar fortemente essa decisão. Os autores denominam este tipo de estrutura de equipa. Um exemplo clássico deste tipo de estrutura é a de um gestor de uma organização que tem como tarefa decidir sobre a construção de um novo equipamento. Para o efeito, o gestor em causa vai ouvir as opiniões de vários especialistas, mas no final quem toma a decisão é o próprio, podendo mesmo vir a optar por uma solução oposta à que lhe foi recomendada.

Na tomada de decisão em que há negociação, são possíveis dois tipos de cenários: a tomada de decisão é efectuada por uma estrutura do tipo grupo, ou então por uma estrutura do tipo organização. A diferença fundamental entre estas situações tem a ver com o exercício da “autoridade” pelos membros que participam da reunião de tomada de decisão.

Os grupos caracterizam-se pela existência de um igual poder de influência (i.e., autoridade) entre os seus membros, no que diz respeito ao processo tomada de decisão. Por outro lado, as organizações afirmam-se exactamente pelo contrário, ou seja, os diferentes elementos que participam na reunião podem ter diferentes níveis de autoridade, o que se pode traduzir, por exemplo, na detenção de um maior número de votos por parte de alguns dos membros em detrimento dos restantes. Exemplos comuns de uma estrutura do tipo grupo são os júris, os comités e as comissões. Exemplos do tipo organizacional são as reuniões de accionistas de uma empresa ou as dos sócios de um clube desportivo.

3.4 Modelos de decisão

Na literatura é possível encontrar um vasto leque de modelos de decisão (Joshi, 2001; Huber, 1982a; Turban e Aronson, 1998; Marakas, 1999), entre os quais se inclui o modelo racional. Ora de acordo com este, as escolhas dos agentes de decisão baseiam-

se em visões essencialmente economicistas do mundo ou universo de discurso. O agente subscreve uma qualquer decisão, desde que esta lhe permita otimizar o desempenho. É baseado em objectivos, alternativas, consequências e procura do óptimo, assume que o agente de decisão conhece todas as hipóteses ou alternativas possíveis e as consequências dessas escolhas, pelo menos as de curto prazo. A alternativa que proporciona a máxima utilidade, ou seja, a escolha óptima, é a seleccionada.

George Huber (Huber, 1982a) reconhece que a simplicidade do modelo racional é uma mais valia, mas selecciona de entre a literatura outros três modelos que considera relevantes para a compreensão e estudo da tomada de decisão em grupo: o modelo político, o modelo do contentor e o modelo de processo.

Em seguida são descritos os modelos identificados em (Huber, 1982a), sendo que no caso do modelo racional se optou por descrever o modelo da racionalidade limitada de Herbert Simon (Simon, 1960). É também analisado o modelo circumplexo de McGrath (McGrath, 1984) pelo facto de este identificar de forma precisa as tarefas a realizar no contexto de um grupo que atenda à problemática da tomada de decisão.

3.4.1 Modelo de Simon

Herbert Simon, um dos pioneiros da Inteligência Artificial e Prémio Nobel da Economia, propôs o modelo da racionalidade limitada, onde defende que as pessoas se comportam racionalmente, mas em função dos aspectos da situação de que têm conhecimento (contexto) e de que têm percepção (cognição) (Simon, 1960). Os aspectos dos quais o agente de decisão não tem conhecimento ou dos quais não se apercebe, não interferem nas suas decisões.

O autor introduz o conceito de decisões satisfatórias, indicando que por várias razões (e.g., não ser viável gerar todas as alternativas possíveis e só ser possível indicar uma alternativa como óptima, depois de se conhecer a utilidade de todas as possíveis) nem sempre é possível ou interessante procurar a melhor alternativa, sugerindo que o agente de decisão deve seleccionar a primeira alternativa que seja suficientemente boa, ou que satisfaça os critérios de escolha do agente de decisão.

O modelo para a tomada de decisão de Simon vê o processo de tomada de decisão

segundo três fases distintas: inteligência, concepção e escolha. Uma quarta fase, a de implementação, foi adicionada posteriormente por Robert Sprage e Dave Carlson (Sprage e Carlson, 1982) (Figura 3.2).

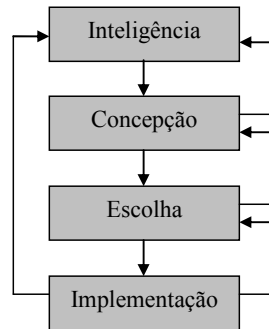


Figura 3.2 – Modelo de decisão de Simon

Na fase de inteligência a ênfase é colocada na percepção e diagnóstico do problema. O ambiente que rodeia a organização é analisado de forma intermitente ou contínua. São realizadas várias tarefas que visam quer a identificação de um problema quer o reconhecimento de uma oportunidade de mudança.

A fase de concepção contempla as actividades realizadas com vista à geração, desenvolvimento e análise das diferentes soluções para o problema identificado na fase de inteligência. Durante esta fase são definidos os critérios e objectivos, assim como são criados os modelos e cenários para avaliar as alternativas criadas. Alex Osborn, autor da técnica de geração de ideias denominada de *brainstorming* (Osborn, 1953), afirma que um indivíduo normal consegue produzir duas vezes mais ideias trabalhando em grupo do que actuando individualmente.

A fase de escolha visa a selecção de uma das alternativas identificadas na fase anterior, como solução para o modelo que foi apresentado. No caso da tomada de decisão individual esta escolha só depende do próprio, enquanto que na tomada de decisão em grupo, a escolha passa a ser responsabilidade do colectivo, e o processo de decisão pode contemplar outros factores que poderão condicionar o processo de tomada de decisão, como a negociação e a argumentação (dado que se tem diferentes agentes que contribuem para o processo de decisão, com diferentes perspectivas do problema e provavelmente com diferentes preferências), como se verá no capítulo quarto.

A fase de implementação compreende, tal como o nome indica, a implementação da solução que foi seleccionada durante a fase anterior. Uma implementação bem sucedida significa a resolução do problema original, enquanto que se o contrário ocorrer isso pode implicar o desencadear de passos já percorridos.

3.4.2 Modelo do Contentor

O modelo do Contentor (*Garbage can*) foi inicialmente proposto por Michael Cohen, James March e Johan Olsen (Cohen et al., 1972), para ser utilizado em experiências de tomada de decisão realizadas no contexto do funcionamento das universidades, particularmente no que diz respeito aos imensos problemas de comunicação que existiam nas relações interdepartamentais.

Neste modelo as organizações são vistas como apresentando um conjunto de soluções para um certo corpo de problemas, problemas à procura de soluções e agentes à procura de trabalho e oportunidades de escolha (situações em que os agentes pretendem ligar o problema à solução e dessa forma tomar a decisão). Nesse sentido as organizações são comparadas pelos autores a um contentor, onde as quatro componentes já identificadas são misturadas. As soluções são nem mais nem menos do que meras ideias que foram seleccionadas para resolver um ou mais problemas.

Os participantes (i.e., agentes de decisão, gestores ou outros funcionários), as soluções e os problemas não estão necessariamente relacionados, movem-se de uma oportunidade de escolha para outra. Este modelo realça o papel da causalidade e da oportunidade temporal em momentos em que se tem de passar à acção (i.e., tomar uma decisão).

Não existe nenhuma cronologia pré-definida para os passos a percorrer durante o processo de tomada de uma decisão (como por exemplo no modelo de Simon), no entanto torna-se claro que as oportunidades de escolha surgem antes da geração de soluções alternativas.

De acordo com os autores, apesar deste modelo poder ser visto como demasiado controverso, onde por vezes as decisões acontecem como que por acidente, proporciona uma estrutura e organização que dá uma resposta racional ao ambiente de incerteza em que os agentes de decisão se movimentam.

3.4.3 Modelo Político

Neste modelo, as tomadas de decisão por parte de uma organização, são vistas como uma consequência de estratégias e táticas utilizadas por indivíduos visando que o resultado dessas tomadas de posição seja o mais vantajoso possível para os próprios (Allison, 1971; Salancik et al., 1977).

O modelo assume que os actores no processo de tomada de decisão têm objectivos divergentes e, na maioria dos casos, podendo mesmo estar em contradição, i.e., o modelo político foca-se na possibilidade de conflito, na forma em como este é resolvido e nas relações de poder que se desenvolvem entre os seus membros quando se passa ao estágio em que há que ser tomada uma decisão.

Neste modelo, uma organização é vista como a confluência de interesses com uma componente temporal, onde as decisões resultam de um processo de negociação que nem sempre é apanágio da racionalidade. O processo de decisão é controlado através de jogos de poder e de influência que face à multiplicidade de objectivos, que no contexto deste modelo para a tomada de decisão, se desenvolveram.

Este processo passa por diferentes formas de negociação e de resolução de conflitos, onde os elementos do colectivo podem ter de aceitar um certo número de compromissos, com o objectivo de se passar a uma decisão final.

Segundo French e Raven existem cinco formas de exercer o poder (French e Raven, 1959), definidas em formas de recompensa, coerção, legitimidade, referência e/ou competência. O poder de uma recompensa está relacionado com a promessa de possíveis benefícios que podem vir a usufruir no futuro. O poder coercivo está directamente relacionado com o medo (e.g., uma ameaça de despedimento). O poder legítimo provém da hierarquia formal da organização. O poder de referência deriva da identificação do submisso com o detentor do poder; normalmente essa identificação acontece devido a admiração ou desejo de agradar. O poder da competência tem a ver com a especialização do indivíduo, do domínio que tem de algumas situações em concreto e do conhecimento que transporta ou evidencia possuir.

Este modelo incorpora uma boa representação da realidade, da forma como os processos decisórios se processam, do modo como proporciona mecanismos de resolução de conflitos. Contudo, há que salientar que nem sempre a melhor decisão é a escolhida, embora o que se possa entender pela melhor decisão seja, sempre

susceptível das mais diversas apreciações, quando se olha ao problema da tomada de decisão em grupo. O objectivo último deste modelo não passa necessariamente pela obtenção da decisão correcta (decisão racional), mas sim de uma decisão que seja aceite por todos, ou seja o mais unânime possível.

3.4.4 Modelo de Processo

Neste modelo as decisões estão fortemente relacionadas com as operações e procedimentos padrão, endossadas pela organização na qual se desenrola o processo de tomada de decisão (Mintzberg et al., 1976). Este modelo é de alguma forma semelhante ao modelo racional, já que assume a existência de um comportamento racional por parte dos agentes, onde estes partilham objectivos e colaboram no sentido de os atingir.

O processo de decisão é neste modelo dinâmico, complexo e para o qual não há uma solução óbvia; é iterativo, e compreende as fases de desenho, desenvolvimento e selecção.

3.4.5 Modelo Circumplexo de McGrath

O modelo proposto por McGrath (McGrath, 1984) assume-se como uma taxonomia a ser considerada na tomada de decisão em grupo. McGrath começou por analisar algum do trabalho realizado por Marvin Shaw (Shaw, 1973), Richard Hackman (Hackman e Morris, 1975), James Davis (Davis et al., 1976) e Patrick Laughlin (Laughlin, 1980), o que lhe proporcionou uma importante base de trabalho para o tipo de classificação se propôs efectuar e que se traduziu num modelo circumplexo de tipos de tarefas passíveis de serem levadas a bom termo por um grupo de trabalho (Figura 3.3).

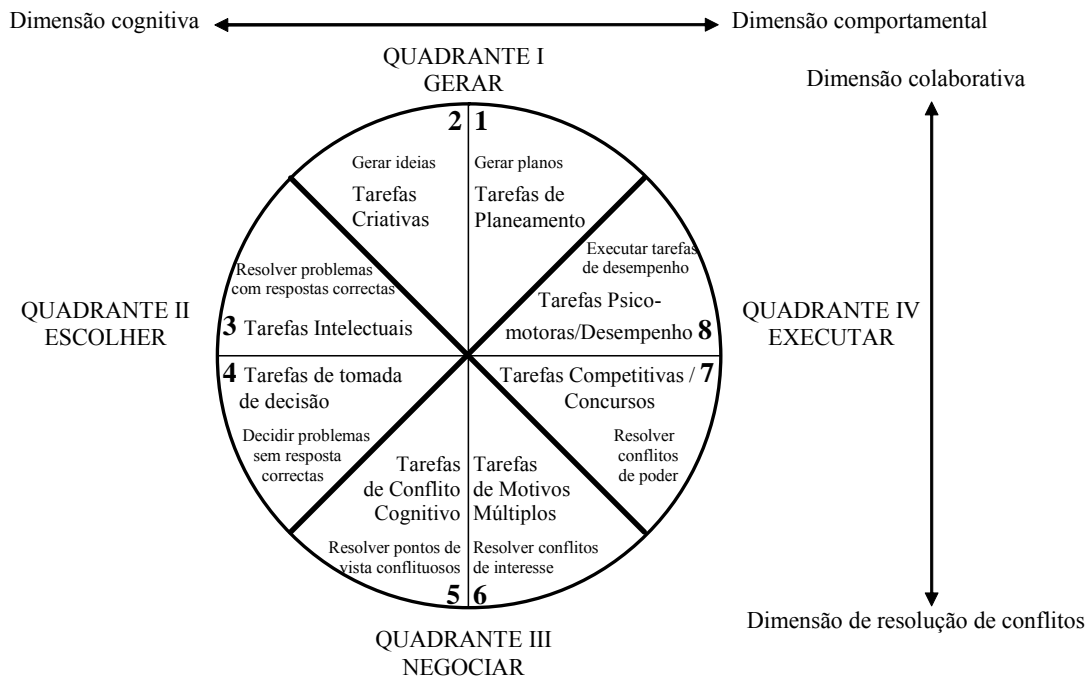


Figura 3.3 – Modelo circumplexo de McGrath

Este modelo tem uma componente geométrica, cartesiana, i.e., desenvolve-se segundo dois eixos: um na horizontal, que aponta para a dimensão cognitiva/comportamental, enquanto que a componente vertical define as tarefas em termos de conflito/colaboração, ou seja, o modelo circumplexo de McGrath pode aqui ser mapeado, distribuindo-o por quatro quadrantes, na forma: gerar (alternativas ou planos); escolher (uma resposta correcta ou uma solução), negociar (resolver conflitos de interesse ou de pontos de vista), e executar (em competição com um oponente ou em competição contra medidas externas).

Quadrante I – Gerar

Tipo 1 – tarefas de planeamento: geração de planos. Neste caso a ideia chave passa pela criação de planos orientados para a acção.

Tipo 2 – tarefas criativas: geração de ideias. A ideia chave que está subsequente a este tipo de tarefas tem a ver com a criatividade. Um exemplo deste tipo de tarefa é encarnada pela “tempestade de ideias” (*brainstorming*).

Quadrante II – Escolher

Tipo 3 – tarefas intelectuais: resolução de problemas para os quais existe uma solução ou resposta. O trabalho do grupo consiste em encontrá-la (e.g., tarefas para as quais o consenso de um grupo de especialistas faz o pleno).

Tipo 4 – tarefas de tomada de decisão: resolução de problemas para os quais não existe uma resposta correcta. O papel do grupo, neste caso, passa por escolher a alternativa preferida.

Quadrante III – Negociar

Tipo 5 – tarefas de conflito cognitivo: resolução de conflitos tendo em conta diferentes pontos de vista. Neste caso os membros do grupo têm não só preferências distintas, mas têm também diferentes formas de preferência, facto que se pode dever a diferentes interpretações da informação disponível (e.g., algumas das tarefas realizadas pelos júris).

Tipo 6 – tarefas de motivos múltiplos: resolução de conflitos de interesse. Os membros do grupo têm interesses e objectivos opostos. A resolução destes conflitos passa pela negociação de contrapartidas (e.g., tarefas de atribuição de recursos; tarefas de distribuição de prémios; tarefas relacionadas com dilemas de motivos vários).

Quadrante IV – Executar

Tipo 7 – tarefas competitivas/concursos: resolução de conflitos de poder. Nestas tarefas existe um conceito de ganhar/perder, o grupo entra numa “batalha” contra um inimigo, um oponente (e.g., desportos de alta competição).

Tipo 8 – tarefas psicomotoras/desempenho: execução de tarefas de desempenho. Neste caso a execução das tarefas não envolve a competição face a um oponente, mas sim a coordenação dos vários membros do grupo ao longo do tempo para a obtenção dos resultados desejados (e.g., eventos ou acontecimentos desportivos).

Os quatro quadrantes definidos no modelo não são ilhas isoladas, estão bastante

correlacionados. Cada uma das oito tarefas relaciona-se, naturalmente e de uma forma muito estreita, com as tarefas que se encontram na sua vizinhança.

3.5 Resolução de problemas

A tomada de decisão em grupo e a resolução cooperativa de problemas estão necessariamente interligadas, pelo que interessa clarificar os termos em que se desenvolve, assim como pesquisar a metodologia de resolução de problemas que subscreve. A necessidade de os agentes terem capacidade de decisão, quer em termos individuais quer em termos do colectivo parece-nos natural. Segundo Helder Coelho, para sobreviver os agentes são forçados a possuir capacidades de tomada de decisão, estratégica e previsional, de coordenar as suas acções entre si e de enfrentar tarefas complicadas de forma efectiva (Coelho, 1994).

Uma forma de efectuar a distinção entre os termos tomada de decisão em grupo e resolução cooperativa de problemas, passa pela análise das quatro fases do processo de decisão, i.e., inteligência, concepção, escolha e implementação (Turban e Aronson, 1998). Uma das linhas de investigação considera que a resolução de problemas se estende pelas quatro fases e que a tomada de decisão ocorre na fase da escolha. Uma outra linha de investigação advoga que a tomada de decisão se desenvolve ao longo das três primeiras fases do processo de decisão de Simon (i.e., inteligência, concepção, escolha), terminando com uma recomendação sob a forma de resolver o problema; neste contexto a resolução de problemas fica cingida à fase de implementação e possível avaliação.

No que respeita à área dos Sistemas Multiagente a resolução cooperativa de problemas é um tema em aberto. Michael Wooldridge e Nicholas Jennings atacam o problema de acordo com uma divisão de tarefas a executar, que a seguir se enumeram (Wooldridge e Jennings, 1999):

- Identificação do problema – um agente identifica o problema e o potencial de cooperação;
- Formação da equipa – o agente solicita ajuda, assistência, para a resolução do problema entretanto identificado. Ora, o ponto central do processo de formação de grupos parece ser o estado mental dos agentes e a sua motivação

para participar na equipa e cooperar (Cohen et al., 1997; Wooldridge e Jennings, 1999). Frank Dignum e os seus colegas apresentam uma teoria onde a formação de uma equipa é baseada em diálogos estruturados, sendo dada particular ênfase aos diálogos persuasivos (Dignum et al., 2000);

- Formação de um plano – o grupo (equipa) de agentes tenta construir um plano para a resolução do problema, com que todos concordem (neste fase é normal que algumas formas de negociação entre as partes (i.e., os agentes) se desenvolvam);
- Execução – os membros do grupo ou equipa realizam as actividades que se comprometeram a fazer, de acordo com o plano negociado na fase anterior.

No âmbito desta dissertação, e como foi referido no primeiro capítulo, o simulador a desenvolver apenas suportará a fase da escolha, considerando-se, no entanto, que nesta fase há que contemplar o recurso à troca de argumentos entre as partes, no que respeita à obtenção de consensos. Fazendo a ponte com o modelo de Wooldridge e Jennings, será sempre necessário formar um grupo de agentes para escolher a alternativa, pelo que foi proposto um modelo para a simulação da formação de grupos (Marreiros et al., 2005a) que redefine os grupos de forma a maximizar a qualidade da informação que o grupo detém sobre a área do conhecimento onde o problema identificado se enquadra. No entanto, no modelo proposto no capítulo cinco, não será considerada a constituição do grupo de agentes tendo em conta essa abordagem. No capítulo sétimo, será referida como futura linha de investigação uma possível integração entre os dois modelos.

No âmbito desta dissertação, adoptamos o termo “tomada de decisão em grupo” em detrimento da “resolução cooperativa de problemas”, pois na nossa opinião o primeiro identifica de forma mais precisa o problema que estamos a tratar, para além de nem sempre ser possível resolver os problemas de forma cooperativa, principalmente se estivermos a lidar com agentes de decisão que têm como único objectivo o seu bem estar.

3.6 Origem dos Sistemas de Apoio à Tomada de Decisão em Grupo

O conceito de apoio à tomada de decisão em grupo (SADG – Sistema de Apoio à tomada de Decisão em Grupo) existe desde o início dos anos 70, embora o termo porque se expressa ainda não fosse conhecido nessa altura. Em 1971 foi instalado no *U. S. Office of Emergency* (i.e., nos Estados Unidos da América) um sistema denominado EMISARI, cujo objectivo passava por ajudar um grupo de 100 a 200 pessoas espalhadas pelo país a tomar decisões em alturas de crise. Um outro exemplo da existência do conceito de SADG data do final dos anos 70, que consistiu na instalação de uma dada premissa de terminais de computador distribuídos ao longo de uma mesa de conferência, de um ecrã público e de algum software de geração de ideias, a que se convencionou chamar de *Planning Laboratory*. Esta abordagem dos anos 70 é ainda muito próxima da que subsiste hoje em dia para as salas de decisão (Holsapple e Whinston, 2001).

O termo SADG (Huber, 1982b; Kull, 1982; Lewis, 1982) surgiu efectivamente no início dos anos 80. De acordo com George Huber (Huber, 1984) um Sistema de Apoio à Decisão em Grupo consiste numa amálgama de software, hardware, linguagens e procedimentos que suportam o trabalho de um grupo que tem como tarefa a tomada de decisão. Uma outra definição é da autoria de DeSanctis e Gallupe (1987) que o definem como sendo uma combinação de tecnologias de comunicação, de informática e de apoio à decisão, que facilita a formulação e a resolução de problemas não estruturados por um grupo de pessoas (entende-se por problemas não estruturados aqueles para os quais não se podem aplicar métodos estruturados devido a aspectos como a incerteza ou a falha na disponibilização de informação quando solicitada).

Os autores Holsapple e Whinston (Holsapple e Whinston, 2001) referem que os SADG visam diminuir as perdas que possam resultar do facto de se estar a trabalhar em grupo e, por outro lado, manter ou aumentar os benefícios que resultam do trabalho em grupo.

Efrain Turban e Jay E. Aronson (Turban e Aronson, 1998) justificam o crescente interesse pelos SADG devido ao facto de cada vez mais as decisões nas organizações serem tomadas por um colectivo. Estes autores referem ainda que a necessidade de reuniões e de trabalho em grupo aumenta na mesma proporção que aumenta a

complexidade das tomadas de decisão, nomeadamente quando as decisões implicam a necessidade de se considerarem diferentes aspectos ou critérios de valoração (e.g., económicos, técnicos, ambientais).

3.7 Taxonomia dos SADG

Segundo DeSanctis e Gallupe (DeSanctis e Gallupe, 1987), a utilização de SADG altera a natureza de participação dentro do grupo, o que por sua vez tem um forte impacto na qualidade das decisões tomadas, assim como em outros resultados da reunião, tais como a sensação de satisfação face aos resultados da reunião, o tempo gasto na tomada de decisão, e assim por diante.

No modelo que propõem, DeSanctis e Gallupe (DeSanctis e Gallupe, 1987) começam por apresentar uma taxonomia multi-dimensional para o estudo dos SADG, com base em três factores: o tamanho do grupo, a proximidade e a natureza da tarefa (Figura 3.4).

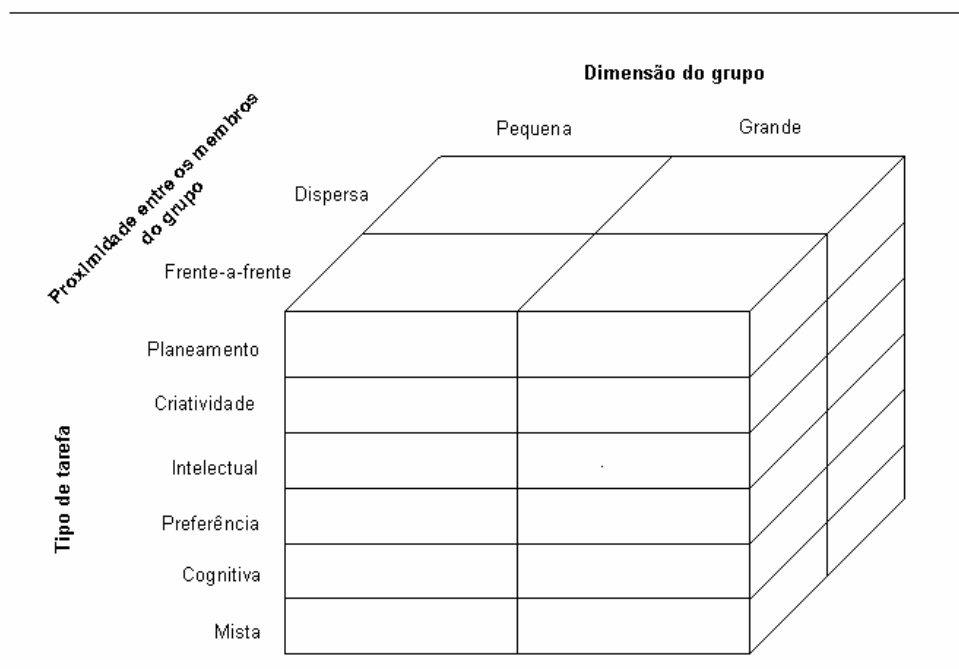


Figura 3.4 – Taxonomia multi-dimensional para o estudo dos SADG

Relativamente à dimensão dos grupos, estes autores referem as designações de

“pequena” e “grande”, que podem ter diferentes interpretações. Em princípio os grupos de 3 a 5 pessoas são considerados pequenos, de 6 a 12 pessoas médios, e com mais de 12 grandes.

A proximidade denota o grau de contiguidade que existe entre os membros do grupo durante a reunião, sendo uma função quer da coordenada espacial, quer da coordenada temporal.

O tipo de tarefa é estudado em detalhe no modelo circumplexo proposto por McGrath (McGrath, 1984). No modelo em discussão, os autores analisam, em particular, a relação entre a dimensão do grupo e a proximidade entre os seus membros, apresentando quatro ambientes distintos baseados nessa relação. A taxonomia proposta por DeSanctis e Gallupe (DeSanctis e Gallupe, 1987) tendo em conta a proximidade dos membros e a dimensão do grupo encontra-se representada na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Taxonomia multi-dimensional para o estudo dos SADG

		Dimensão do grupo	
		Pequena	Grande
Proximidade entre os membros	Frente-a-frente	Sala de decisão	Sessão legislativa
	Dispersa	Rede local de decisão	Conferência electrónica

No caso de um grupo pequeno em que os participantes se encontram frente-a-frente, a tipologia proposta é a da sala de decisão. Esta configuração é considerada pelos autores como o equivalente electrónico da reunião tradicional. Os organizadores da reunião preparam uma sala com equipamento especial para suportar o trabalho do grupo (e.g., mesa de reuniões, um quadro electrónico onde são visualizados os comentários dos participantes e as votações, um terminal por participante). Os membros do grupo encontram-se nessa sala e interagem entre si tanto verbalmente como electronicamente. Há que publicar, que à data em que este modelo foi proposto, a maioria dos SADG pertencia a esta categoria (Kraemer e King, 1988).

No caso de se tratar de um pequeno grupo onde os membros se encontram geograficamente distribuídos, a tipologia a considerar pode passar por uma rede local de decisão. Segundo este arquétipo, os membros do grupo podem estar no seu local de trabalho, em casa, ou em outro local e emitir os seus próprios juízos. As redes de decisão locais e as redes de longa distância asseguram a conexão dos membros, a teleconferência pode ser utilizada para ligar várias salas de decisão. Neste tipo de configuração não é obrigatório que todos os membros estejam ligados em simultâneo.

Se o grupo se encontrar frente-a-frente e a sua dimensão for grande, então a configuração a considerar é a sessão legislativa. Dada a sua dimensão, o grupo não pode ser acomodado numa sala de decisão comum, sendo necessárias outras facilidades; assim os participantes têm, não raras vezes, de partilhar o terminal de inserção de dados, em que só o facilitador pode inserir informação na área partilhada do sistema, podendo existir uma hierarquização dos membros do grupo, onde de acordo com Schwartz (Schwartz, 1994), o facilitador deve ser um indivíduo bem aceite por todos os elementos do grupo, com uma posição neutra, sem autoridade para tomar decisões, que intervém para ajudar o grupo a identificar e a resolver problemas, de forma a aumentar a sua eficiência.

Por último, temos a conferência electrónica, que é adequada em situações em que o número de membros do grupo é elevado e em que estes se encontram dispersos. Tal como no caso da configuração “rede local de decisão”, os participantes não necessitam de se encontrar ligados ao mesmo tempo. A grande diferença entre estas duas configurações está em que, devido ao número de participantes no caso da conferência electrónica, a comunicação teria de ser muito mais estruturada, a troca de mensagens informais entre os participantes não ser usual, para além de ainda existir uma hierarquização dos oradores, tal como o que ocorre nas sessões legislativas.

Em 1985, DeSanctis e Gallupe (DeSanctis e Gallupe, 1985) já tinham estabelecido uma taxonomia para os SADG tendo em conta a proximidade física entre os membros do grupo e a duração da reunião (Figura 3.5).

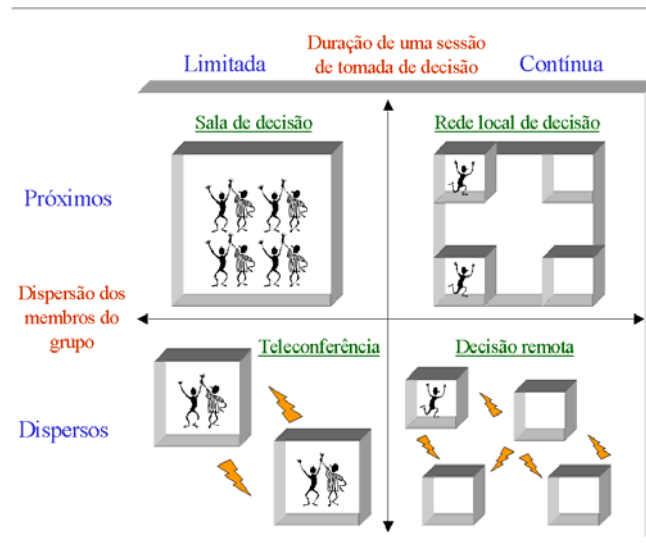


Figura 3.5 – Matriz de DeSanctis e Gallupe

Neste modelo, DeSanctis e Gallupe sugeriram que na configuração rede local de decisão, o grau de dispersão dos membros seja baixo, o que face ao que foi apresentado anteriormente pode parecer contraditório. Relembremos, no entanto, que no modelo anterior, a rede local de decisão assenta num universo de recrutamento mais vasto, podendo englobar mesmo a teleconferência.

Uma variante da matriz de DeSanctis e Gallupe (1985), que é aliás muito referida na literatura dos SADG, tem o tempo como dimensão. Ao invés de se ter a duração da reunião (limitada/contínua) tem-se a dimensão tempo (mesmo tempo – síncrona / diferente tempo – assíncrona) (Tabela 3.2).

Tabela 3.2 – Variante da taxonomia proposta por DeSanctis e Gallupe

	Síncrona (mesmo tempo)	Assíncrona (tempo diferente)
Mesmo local	Sala de decisão	Rede local de decisão
Local diferente	Teleconferência	Tomada de decisão remota

Na década de 80 a investigação na área dos SADG centrava-se na dimensão mesmo tempo/mesmo local, tendo sido instaladas várias salas de decisão. Posteriormente, com a proliferação da Internet, a investigação redireccionou-se para a dimensão

tempo diferente/local diferente. Foram desenvolvidos vários SADG baseados na Web (Karacapilidis e Papadias, 2001; Marreiros et al., 2004a; Dennis et al., 1996; Expert Choice, URL), e alguns dos que tinham sido inicialmente concebidos para apoiar configurações do tipo sala de decisão, como por exemplo o GroupSystems (GroupSystems, URL), estão agora também preparados para apoiar a tomada de decisão remota. No entanto, todas as dimensões da matriz são incontornáveis e têm sido objecto de estudo e tidas em consideração nas mais diversas aplicações de cunho empresarial.

Uma área transversal a esta matriz são os Ambientes Inteligentes, onde no caso específico da tomada de decisão, os membros do grupo estão rodeados de redes embebidas de dispositivos inteligentes que proporcionam informação, comunicação e serviços (Santos et al., 2006). Num ambiente de decisão inteligente, deve ser disponibilizada informação de qualidade aos utilizadores, independentemente da sua localização espacial ou temporal e do dispositivo que estes estão a utilizar como ponto de acesso.

O simulador desenvolvido no âmbito deste trabalho será instalado no Laboratório de Ambientes Inteligentes de Decisão (LAID) do GECAD, criado no âmbito do projecto iDesk – Apoio Inteligente à Decisão na Sociedade do Conhecimento (REEQ/693/2001), que teve início em 2004, e que visa o re-equipamento de unidades de Investigação e Desenvolvimento (I&D) da FCT.

3.8 Problemas de decisão multi-critério

Ao longo da vida, é frequente depararmo-nos com situações, onde ao sermos colocados face a um problema, temos de escolher uma de entre várias alternativas. Este processo de tomada de decisão não é geralmente simples, uma vez que se pode recorrer a critérios o mais diversificados, que não raras vezes se encontram em oposição. Alguns exemplos clássicos de decisão multi-critério passarão no que se segue a ser enumerados, e que se reportam à:

- Compra de um carro, tendo por base critérios como o custo, o consumo, o nível de poluição, a cilindrada, a velocidade máxima, o tipo de acabamentos, e o *design*;

- Selecção do local para instalação de um novo aeroporto, considerando factores como acessibilidades, nível de poluição e dimensão;
- Escolha do local para a implantação de uma central nuclear, onde os pressupostos em análise poderiam passar pela densidade populacional, o impacto ambiental, o custo e os riscos para a saúde pública de tal empreendimento.

De uma forma geral, os problemas multi-critério subdividem-se em problemas multi-atributo e multi-objectivo. Os problemas multi-atributo caracterizam-se pela existência de um número limitado, pré-determinado de alternativas a avaliar de acordo com um conjunto de normas já estabelecidas. Quando se refere um número limitado de alternativas, está-se a pensar num número de dezenas ou centenas de alternativas. Por outro lado, os problemas multi-objectivo caracterizam-se por um número infinito de alternativas, em termos do seu universo de soluções. Nesta dissertação é utilizada como área de aplicação os problemas multi-atributo, que podem ser tão triviais como por exemplo a selecção de um filme a visionar por um grupo de colegas, ou então problemas políticos deveras complexos, como o é a selecção da localização de uma incineradora.

Ao longo dos anos tem-se realizado algum trabalho na área dos problemas de decisão multi-critério, em que o enfoque é dado ao apoio prestado aos agentes de decisão (Lootsma, 1998). Por outro lado, quando se pretende que um problema de decisão multi-critério seja analisado e resolvido por um grupo de trabalho, novas questões se levantam. É necessário que os grupos cheguem a um acordo, a uma solução final, e para que isso aconteça o grupo deve ser devidamente coordenado.

Nos problemas multi-critério, dada a incompatibilidade de soluções não dominadas através da ordem (parcial) natural, torna-se necessário fazer intervir no processo de decisão não apenas os meios técnicos para a construção de soluções não dominadas, mas também informação sobre as preferências do decisor individual. Se o processo de decisão não for individual mas antes em grupo, devem então ser consideradas as preferências de todos os agentes de decisão e o processo deve ser conduzido, de acordo com o modelo de decisão que está a ser utilizado.

Há ainda autores que enveredaram pela agregação das preferências dos diferentes elementos do grupo, procurando valorar tanto as preferências como as soluções por

forma a estabelecer as desejadas relações de ordem entre estas (Herrera et al., 2001; Ma et al., 2001; Keeney e Raiffa, 1993). Nesta abordagem, é obvio que é minimizada a influência para a obtenção de uma solução, todo e qualquer aspecto que tenha a ver com a interacção entre os diversos elementos do grupo.

Os autores Yen e Bui (Yen e Bui, 1999), abordaram o problema de uma forma diferente, optando pela agregação das preferências individuais em classes de preferências. Estas classes podiam (podem) vir a ser discutidas pelos membros do grupo. Neste tipo de abordagem (agregação de preferências em classes) existe mais interacção entre os elementos do grupo, uma vez que não se resume a uma primeira e única avaliação das diferentes alternativas, mas sim a uma avaliação continuada, até se atingir um grau de consenso, entre os elementos do grupo, que se possa considerar satisfatório.

Uma abordagem alternativa passa pelo tratamento dos problemas de decisão multi-critério através de SADG, onde as diferentes soluções são discutidas, podendo os elementos do grupo argumentar a favor ou contra determinadas alternativas, esperando-se dessa forma chegar a consenso em torno de uma dada solução. Cao e Burstein (Cao e Burstein, 1999) sugerem um modelo para um SADG assíncrono em que um dos componentes é um sistema para a resolução de problemas multi-critério. Kwok e os seus colegas sugerem um modelo para um SADG *fuzzy* que integra um módulo de tratamento de problemas de decisão multi-critério com informação incompleta ou *fuzzy* (Kwok et al., 2002).

3.9 Emoção e tomada de decisão

Qual é o papel da emoção nos processos de tomada de decisão? O neurocientista António Damásio, assim como outros investigadores, defende que a emoção afecta o processo de tomada de decisão (Damásio, 1994). Alguns investigadores reforçam esta ideia, identificando a emoção como um dos elementos chave da inteligência e da natureza adaptativa dos seres humanos (Goleman, 1995; LeDoux, 1996; Bechara et al., 1997).

Esta informação é contraditória com o pensamento que predominou ao longo de vários séculos, que defendia que a emoção é um obstáculo ao raciocínio. Às emoções

eram por norma atribuídas conotações negativas no que respeita à influência que exerciam sobre o comportamento dos indivíduos. Platão, por exemplo, afirma que paixões, desejos e medos tornam impossível o pensamento (LeDoux, 1996). No século XVI Descartes (Descartes, 1649) difundiu a ideia de que a emoção e o raciocínio são incompatíveis, com a sua frase célebre “penso, logo existo”. A sua teoria defende a separação entre a mente e o corpo, onde as emoções são impulsos e necessidades geradas pelo corpo, e a mente é responsável por todos os processos relacionados com o raciocínio, e particularmente pela tomada de decisão.

Para António Damásio, a emoção e o sentimento são indispensáveis para a racionalidade, por isso a frase de Descartes, "penso, logo existo", encerra na sua opinião um erro, isto porque a ausência de emoção pode destruir a racionalidade.

O senso comum diz-nos que muita emoção pode danificar o processo de decisão mas, por outro lado, Rosalind Picard sustenta que a ausência de emoção pode também prejudicar a tomada de decisão (Picard, 1997).

Em síntese, investigação recente tem vindo a tornar claro que (Lowenstein e Lerner, 2003):

- Mesmo as emoções acidentais (que não estão de nenhuma forma relacionadas com a decisão em causa) podem influenciar de forma significativa o julgamento e escolha que é realizada pelos agentes de decisão durante um determinado processo de decisão;
- A existência de défice emocional, seja ele inato ou induzido de forma experimental, pode degradar de forma significativa a qualidade das decisões tomadas;
- A inclusão de emoções nos modelos de tomada de decisão pode aumentar significativamente a sua capacidade em os explicar.

Por todos os factos acima referidos, parece-nos indispensável considerar a emoção nos processos de tomada de decisão em grupo, embora de uma forma equilibrada.

Em seguida será analisado o papel da emoção na tomada de decisão, quer individual quer em grupo, uma vez que para além da emoção poder afectar a tomada de decisão por parte do próprio, os membros do grupo também podem ser influenciados pelas emoções sentidas pelos seus pares.

3.9.1 Influência da emoção na tomada de decisão individual

O trabalho do neurocientista António Damásio (Damásio, 1994) contribuiu com novas evidências neurológicas da relevância da emoção no processo de tomada de decisão. No seu trabalho estabeleceu um paralelismo entre um determinado tipo específico de lesões cerebrais e incapacidades emocionais. Os pacientes analisados apresentavam valores normais nos testes de Quociente de Inteligência (QI), mas eram incapazes de lidar com decisões triviais do dia a dia como, por exemplo, combinar um encontro com outra pessoa.

Na literatura da área da Psicologia e das Ciências Sociais é possível encontrar várias referências sobre como as emoções e os estados de espírito afectam o processo de tomada de decisão (Forgas, 1995; Isen, 1987; Isen, 1993; Isen et al., 1987; Damásio, 1994; Lowenstein e Lerner, 2003; Mellers et al., 1997; Moore et al., 1990; Schwarz, 2000; Lerner e Keltner, 2000; Raghunathan e Pham, 1999). A maioria dos estudos realizados dedica-se à análise do impacto dos estados de espírito dos decisores e não especificamente das emoções, embora também seja de referir que por vezes estes dois termos são utilizados de forma indistinta.

Em seguida são referidas algumas das relações estabelecidas na literatura entre emoções e tomada de decisão:

- Um estado de espírito positivo facilita a criatividade do indivíduo no que respeita à criação de diferentes cenários que o podem ajudar na resolução de problemas, uma vez que o estimula a colocar mais esforço na tarefa que está a realizar, tornando o processo de tomada de decisão mais expedito;
- O indivíduo recorda com mais facilidade memórias passadas que sejam consentâneas com o seu estado de espírito actual;
- Um estado de espírito positivo tende a promover um comportamento de aversão ao risco, enquanto que um estado de espírito negativo é mais propício a comportamentos favoráveis ao assumir de riscos. Se o agente de decisão está num estado de espírito positivo vai direccionar as suas acções no sentido de o preservar, evitando situações que envolvam ruptura e que possam modificar num sentido negativo o seu estado de alma;
- O afecto é determinante na forma como os indivíduos definem a sua estratégia

de processamento da informação. Estados de espírito positivos tendem a ser associados a comportamentos heurísticos, enquanto que estados de espírito negativos são, cada vez com mais frequência, associados a estratégias de processamento sistemático. No entanto, se na decisão estiverem de alguma forma envolvidos os interesses pessoais do agente, este tende a ser mais contido (i.e., sistemático, independentemente do seu estado de espírito). Se um indivíduo se encontra num estado de espírito positivo, tende a utilizar estruturas de informação já existentes e a decidir com base nos elementos de que dispõe tornando, dessa forma, a tomada de decisão num processo mais expedito.

Os autores nem sempre estão de acordo sobre o tipo de influência que as emoções e os estados de espírito têm no comportamento dos agentes de decisão, sendo os efeitos de um estado de espírito positivo e das emoções positivas referidos como mais consistentes do que os negativos (Moore e Isen, 1990).

3.9.2 Influência da emoção na tomada de decisão em grupo

Como se pode depreender da secção anterior há um número significativo de investigadores que se dedica ao estudo do papel da emoção na tomada de decisão. O impacto do factor emoção nos processos de tomada de decisão em grupo tem sido menos discutido. A maioria dos investigadores analisa o desempenho do grupo com base em conceitos como o tamanho do grupo, a heterogeneidade e a diversidade cultural. A emoção e o estado de espírito influenciam as decisões individuais dos membros do grupo de decisão, no entanto as emoções sentidas no seio do grupo irão certamente influenciar o comportamento dos seus membros e conseqüentemente o desempenho do mesmo.

O estado de espírito geral do grupo pode ser resultado da partilha de emoções (Parkinson, 1996), tais como as conversas sobre emoções e sentimentos, ou a tendência para imitar o comportamento emocional dos outros (Hatfield et al., 1992).

O contágio emocional define-se como a tendência para imitar e sincronizar expressões faciais, vocalizações, posturas e movimentos com os de outra pessoa, e conseqüentemente convergir emocionalmente (Hatfield et al., 1992). O processo de contágio emocional pode ser analisado com base:

- Na indução de emoções – as emoções que ao nível do indivíduo se desenvolvem podem ser propagadas aos outros membros do grupo. Por exemplo, se um dos membros está a sentir medo esse facto pode induzir essa emoção nos restantes membros do grupo, para além de os alertar para a possibilidade de algo de mau e assustador poder acontecer;
- Na indução de estados de espíritos – o estado de espírito de um indivíduo, seja ele positivo ou negativo, pode passar (induzir) esse mesmo estado de espírito aos remanescentes membros do colectivo (Neumann e Strack, 2000).

Os estudos sobre a influência do estado de espírito do colectivo nos processos de tomada de decisão em grupo, têm-se centrado essencialmente na relação com alguns indicadores de desempenho. Há, por exemplo, estudos que relacionam o facto de o estado de espírito do grupo ser positivo com níveis altos de cooperação e baixos níveis de conflito entre os membros do grupo (Barsade, 2002). Peter Totterdell (Totterdell, 2000) relacionou o facto de o estado de espírito geral do grupo ser positivo com um melhor desempenho individual dos seus membros (aqui foi utilizado como caso de estudo uma equipa profissional de cricket).

Uma das desvantagens normalmente associada ao trabalho em grupo, e que já foi referida neste texto tem a ver com a pressão da conformidade, o que significa que os seus membros podem sentir-se pressionados no sentido de evitar a crítica, no sentido de manter a unanimidade dentro do grupo. O facto do estado de espírito colectivo do grupo ser positivo foi associado com a existência de pressão da conformidade, já que não raras vezes este estado de espírito transporta um excesso de autoconfiança e alguma euforia (Barsade, 2000).

3.10 SADG desenvolvidos com abordagens Multiagente

Na literatura é possível encontrar referências a SADG que de alguma forma se socorrem de metodologias de resolução de problemas em que a pedra angular é o agente. Descrevem-se algumas das técnicas que neste contexto são recorrentes, sendo desde já de destacar alguns dos aspectos que as diferenciam. Como vimos na secção 3.8, a resolução em grupo de problemas multi-critério pode ser abordada segundo diferentes perspectivas, passando uma pela a agregação das preferências, enquanto

que a outra incorpora a discussão e argumentação como forma de obter uma decisão. Em algumas situações os agentes agem com procuração por parte dos decisores humanos, noutras são utilizados como meios auxiliares no processo de tomada de decisão.

3.10.1 Ito e Shintani

Takayuki Ito e Toramatsu Shintani (Ito e Shintani, 1997) propõem uma arquitectura para um SADG que assenta nos pressupostos acima enunciados, onde a cada membro do grupo é associado um agente. O processo de decisão é constituído por quatro fases distintas. Na primeira fase um utilizador propõe um tópico de discussão. Na segunda fase os membros do grupo de decisão seleccionam as opções que vão considerar para a resolução do problema a partir da base de dados de alternativas que partilham. Para a geração das alternativas podem ser utilizados métodos como, por exemplo, o *brainstorming*. Na terceira fase, cada um dos membros do grupo de decisão constrói uma hierarquia de preferências com base no método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) (Saaty, 1990). Na quarta e última fase, os agentes negociam entre si em nome dos utilizadores que representam e tendo por base os pesos e as hierarquias de preferências definidas pelos agentes de decisão. A ideia chave desta negociação está em que o mecanismo de persuasão entre as partes (i.e., os agentes), é por definição dual, ou seja: suponhamos que o agente *A* pretende convencer o agente *B* a escolher a alternativa *X*; se o agente *A* alcançar o seu objectivo, então o agente *A* e o agente *B* passam a formar uma coligação e iniciam um novo ciclo (de persuasão). Até que por fim se partilhe um único pensamento (Figura 3.6).

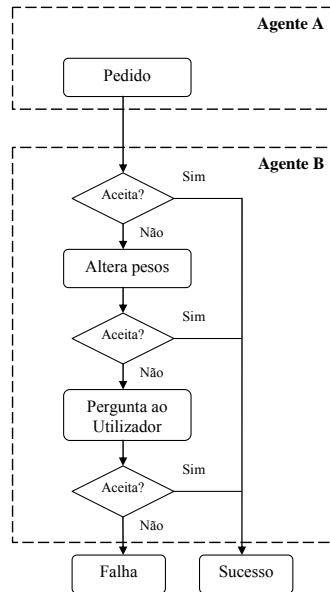


Figura 3.6 – Mecanismo de persuasão entre dois agentes

3.10.2 MIAU

Kudenko e os seus colegas (Kudenko et al., 2003) propõem um sistema que tem como objectivo apoiar um grupo de utilizadores a decidir sobre a aquisição/não aquisição de um bem a partir de um catálogo electrónico (e.g., um carro). Os itens do catálogo são caracterizados por um conjunto de atributos ou dimensões (no exemplo dado poderia ter-se o preço, a velocidade máxima, o consumo de combustível, a cor e a capacidade de carga). O sistema proposto pelos autores, denominado de MIAU, pretende obter uma solução de compromisso que seja aceitável por todos, recorrendo para isso à aquisição dos modelos de preferência individual. Numa primeira fase os utilizadores interagem individualmente com o catálogo através de uma interface Web, o sistema observa esta interacção e cria um modelo de utilizador (onde se pretende que capture o essencial das preferências do mesmo). Após esta fase entra em campo o mediador, que olhando para os perfis dos utilizadores, identifica os aspectos do problema que são passíveis de negociação, bem como sugere o que lhe parece ser uma solução de compromisso. Os utilizadores podem aceitar ou rejeitar a solução proposta, o que pode levar à re-definição dos seus perfis. O processo é repetido até que seja encontrada uma solução que seja aceite por todos os membros do grupo, ou até que o tempo de discussão se esgote.

3.10.3 Zeno e Hermes

O sistema ZENO foi desenvolvido no GMD (*German National Research Center for Information Technology*) para ser aplicado na área de planeamento urbano, no âmbito do projecto europeu GeoMed (Gordon et al., 1997; Gordon et al., 2001). O ZENO serve-se de formalismos para a argumentação que foram desenvolvidos com base numa definição de argumento devida a Stephen Toulmin (Toulmin, 1958) e no modelo de argumentação IBIS – *Issue Based Information System* (Rittel e Webber, 1973). O sistema foi desenvolvido para apoiar a resolução e mediação de conflitos na regulação do planeamento urbano, assim como e para apoiar a realização de acordos no mundo da política.

O sistema HERMES foi desenvolvido para ser uma extensão do sistema ZENO (Karacapilidis e Papadias, 2001). O HERMES é um sistema baseado na Web que se serve da troca de argumentos entre os elementos do grupo, como forma de consumir uma decisão. Este sistema tem sido amplamente testado em Medicina (Karacapilidis e Papadias, 2001).

O papel dos agentes no sistema HERMES passa por providenciar os mecanismos para aferir a consistência dos argumentos gerados e da sua ordenação. Os agentes neste sistema são ainda responsáveis por processos relacionados com a pesquisa de informação, como por exemplo, a recuperação de informação que está disponível em tomadas de decisão anteriores.

3.10.4 Neem

O projecto *Neem* foi desenvolvido em colaboração entre a Universidade do Colorado, nos Estados Unidos da América, e a Universidade de Campinas, no Brasil (Ellis et al., 2003). Este projecto incorpora agentes inteligentes e entidades virtuais num ambiente de tomada de decisão em que o processamento da informação se desenrola de forma distribuída.

O projecto *Neem* é um pouco diferente dos anteriores, já que visa essencialmente apoiar o trabalho de um grupo como um todo e não apoiar ou simular a fase de decisão per si. No entanto, a sua inclusão neste trabalho deve-se ao facto de representar um tipo de utilização de agentes em situações de tomada de decisão em

grupo.

Os agentes no projecto *Neem* respondem por:

- Agente Agenda – acompanha o decorrer da reunião, tendo em conta a agenda inicialmente estabelecida;
- Agente de Atitude – este agente reúne informação sobre o comportamento dos membros do grupo em reuniões em que se tomam decisões. Cada membro pode expressar-se em termos do seu estado de alma, como por exemplo “estou cansado”; “estou pronto para votar”. O agente atitude serve-se de um portfólio das acções que deve desencadear e a quem notificar;
- Agente Base – este agente controla o tempo de antena de cada elemento do grupo e tenta encorajar os menos participativos a contribuir para a discussão;
- Agente Pronto-para-Votar – a experiência diz-nos que as reuniões de tomada de decisão em grupo passam normalmente por um processo de votação. É igualmente comum que alguns dos agentes de decisão ainda discutam quando outros já estão prontos para votar. Os primeiros devem ser informados desta situação e estimulados a arripiarem caminho, i.e., terminarem com as suas querelas para que se possa passar à fase de votação. Com base nestes pressupostos pode ser estabelecido o tempo limite para a discussão e início da votação;
- Agente Symlog – este agente implementa a teoria Symlog – *System for the Multiple Level Observation of Groups* (Bales e Cohen, 1979). Procura-se, aqui, modelar o perfil dos elementos do grupo de decisão.

3.11 Conclusões

A nova economia e a forma como as organizações se estruturam nos dias de hoje são muito propícias à existência de um número cada vez maior de situações onde é requerida a tomada de decisão em grupo, estando normalmente os seus elementos distribuídos quer em termos de espaço quer em termos de tempo.

Neste capítulo, foram analisados conceitos relacionados com a tomada de decisão em grupo, e em particular a influência da emoção na tomada de decisão, sendo dado

particular destaque ao fenómeno do contágio dos estados de espírito.

Um outro aspecto abordado neste capítulo corresponde aos diversos modelos de decisão existentes na literatura. No âmbito desta dissertação é nossa intenção simular a interacção entre agentes de decisão, que têm como tarefa seleccionar uma de entre as várias soluções alternativas de um dado problema de decisão multi-critério, estando implícita a utilização de argumentação como forma de justificar as escolhas individuais ou de persuadir os restantes elementos do grupo. Nesse sentido o modelo de Simon com as fases do processo de decisão pareceu-nos muito útil, principalmente se for complementado com alguns aspectos do modelo político, tal como veremos no quinto capítulo.

Dos Sistemas de Apoio à tomada de Decisão em Grupo estudados, só um deles utiliza a argumentação como forma de suporte formal à discussão, em particular utiliza o modelo de argumento de Toulmin. No próximo capítulo serão estudados alguns modelos teóricos de argumentação, bem como algumas das abordagens baseadas em argumentação que é possível encontrar na área dos Sistemas Multiagente.

CAPÍTULO 4

ARGUMENTAÇÃO

Argumentation constitutes a major component of human intelligence.

PHAN MINH DUNG

Os processos argumentativos não são recentes, datando de há muitos séculos atrás. No âmbito do trabalho aqui apresentado, a argumentação tem grande interesse visto que pode ser usada tanto em processos de negociação automática como na simulação da tomada de decisão em grupo. Neste capítulo é estudada a utilização da argumentação no contexto da Inteligência Artificial (IA), sendo apresentadas entre outras as teorias de Dung e de Prakken e Sartor. Não poderá, por conseguinte deixar-se de referir que na IA se nos depara um terreno instável, entrecortado por disciplinas como a Neurociência, Ciências da Computação, Linguística, Psicologia, Filosofia, entre outras, que ao procurarem uma contribuição interdisciplinar entram em contradição ou chocam com formas de comportamentos das comunidades de que emanam. A parte final do capítulo dedica-se ao estudo da argumentação no contexto dos Sistemas Multiagente, sendo dada particular ênfase à argumentação persuasiva.

4.1 Introdução

A tomada de decisão em grupo envolve múltiplos agentes de decisão possivelmente com diferentes experiências, preferências, perspectivas do problema em análise e em diferentes estados emocionais. No decorrer de um processo de decisão é frequente ocorrerem as mais diversas formas de desentendimento e de conflito, sendo necessário ultrapassá-las para se conseguir obter consenso no momento da decisão. No capítulo anterior analisamos a temática da tomada de decisão em grupo, e identificamos a fase do processo de decisão em que se pretende intervir, i.e., a fase de escolha e negociação, com vista à obtenção de consensos. O que nos leva a analisar, antes de mais, o conceito de Negociação.

No âmbito dos Sistemas Multiagente a negociação é definida como uma forma de tomada de decisão onde dois ou mais intervenientes pesquisam em conjunto o espaço de soluções possíveis para um dado problema, com o objectivo de atingirem uma solução que possam subscrever (Zeng e Sycara, 1996; Rosenschein e Zlotkin, 1994). Nestes termos, a negociação pode ser entendida como (Raifa, 1982):

- Competitiva ou Distributiva – onde as duas (ou mais) partes envolvidas competem por um único objectivo mutuamente exclusivo. Este tipo de negociação é geralmente caracterizado pelo facto de o benefício de uma das partes ser o prejuízo da outra (por esta razão, esta tipo de negociação é também usualmente denominada de “ganha-perde”);
- Cooperativa ou Integrativa – onde as duas (ou mais) partes envolvidas negociam com vista a atingirem um ou mais objectivos, não mutuamente exclusivos. Neste tipo de negociação, tenta-se através da conjugação de recursos e das capacidades das partes gerar valor, para que o todo seja maior do que a soma das partes (sendo por isso também designada de “ganha-ganha”).

Os termos tomada de decisão em grupo e a negociação são muitas vezes utilizados de forma indistinta, talvez pelo facto de não raras vezes a negociação ser entendida como uma tomada de decisão em grupo, já que envolve duas ou mais partes, e a tomada de decisão em grupo ser por sua vez reduzida à fase de negociação. No contexto do

trabalho aqui descrito a negociação vai ser entendida como sendo competitiva, por ser a que mais se destaca em situações de tomada de decisão em grupo.

Sendo assim, é possível enumerar um conjunto de factores que nos permitem diferenciar entre negociação e a tomada de decisão em grupo (Dias e Clímaco, 2005; Marreiros et al., 2006b), nomeadamente:

- Na tomada de decisão em grupo o conjunto das alternativas em análise é previamente conhecido (isto, na fase da escolha e negociação), enquanto que na negociação as alternativas são sequencialmente elaboradas e apresentadas pelas partes. Sendo que a apresentação das propostas e contra-propostas configura um processo evolutivo que tenta ir de encontro aos interesses das partes envolvidas;
- O grau de partilha de informação atinge o seu máximo na tomada de decisão em grupo, não ocorrendo o mesmo quanto à negociação;
- Na negociação entre duas (ou mais) partes é possível que um dos contentores abandone a negociação. Na tomada de decisão em grupo, e no contexto do trabalho aqui descrito, o grupo tem como tarefa a selecção de uma entre várias soluções possíveis para o problema, sendo possível que haja situações em que não há consenso. No entanto, só raramente as partes abandonam o processo de tomada de decisão em grupo;
- De um modo geral os processos de tomada de decisão em grupo contemplam mecanismos de votação, enquanto que no contexto de uma negociação, seja esta de um para um, de um para muitos ou de muitos para muitos, os mecanismos de votação não fazem grande sentido;
- Genericamente, é possível afirmar que na tomada de decisão em grupo os membros do grupo perseguem objectivos comuns, enquanto que na negociação estes estão normalmente em oposição. Contudo, em algumas situações os membros do grupo de tomada de decisão têm em mente objectivos diferentes, o que realça a necessidade da existência de mecanismos de negociação, que facilitem a obtenção de consensos.

Apesar das diferenças enunciadas é notório que a linha que divide os dois processos é muito ténue. No contexto dos Sistemas Multiagente, são vários os mecanismos de interação e decisão propostos para suportar processos de negociação automáticos, sendo de referir: a Teoria de Jogos, as Aproximações Heurísticas e a Argumentação (Rahwan et al., 2003). A simulação da tomada de decisão em grupo pode ser encarada como um processo de negociação automática, pelo que vamos explorar brevemente cada um dos mecanismos referidos anteriormente.

Teoria de Jogos

A Teoria de Jogos tem aplicação em domínios nos quais os agentes operam de modo a alterar o estado do mundo em que se inserem. Na Teoria dos Jogos a negociação é considerada como um processo interactivo, onde as partes envolvidas trocam propostas e contra-propostas entre si, com o fim de atingir os seus objectivos com minimização de custos (Rosenschein e Zlotkin, 1994). A aplicação de modelos baseados na teoria de jogos pressupõe dois pré-requisitos: a informação completa e a racionalidade perfeita. Tais requisitos limitam a sua aplicabilidade no contexto da tomada de decisão em grupo, uma vez que nem sempre os intervenientes detêm toda a informação, quer sobre as propostas quer sobre os seus pares, e nem sempre a alternativa preferida por determinado participante é a que aparentemente lhe trará mais benefícios (e.g., a alternativa preferida de determinado participante pode ser inaceitável para os restantes, por isso o participante pode optar por uma outra alternativa apesar de esta não ser a que lhe é mais benéfica).

Aproximações Heurísticas

Os mecanismos de negociação baseados em Heurísticas surgem como alternativa aos modelos baseados na Teoria dos Jogos, visando ultrapassar as suas limitações no que diz respeito à sua aplicabilidade em contextos reais. Os modelos baseados em aproximações heurísticas pressupõem que existe um custo associado ao cálculo e à tomada de decisão, razão pela qual exploram o espaço de negociação de uma forma não exaustiva, não garantindo a solução óptima, mas permitindo obter, geralmente, uma boa solução (Jennings et al., 2001).

O objectivo principal destes mecanismos é o de modelar o processo de tomada de decisão por parte dos agentes, durante a fase de negociação através de heurísticas.

Como exemplos de heurísticas temos, as táticas de negociação, que podem ser classificadas em três classes distintas (Faratin et al., 1998):

- Dependentes do tempo – as partes envolvidas na negociação elaboram as suas propostas de acordo com o tempo que dispõem para o efeito;
- Dependentes de recursos – as partes envolvidas na negociação elaboram as suas propostas com base na disponibilidade dos recursos;
- Dependentes do comportamento – as partes envolvidas na negociação condicionam a elaboração das propostas ao comportamento que observam nos seus oponentes.

Argumentação

Em modelos baseados na Teoria dos Jogos ou em procedimentos heurísticos as partes elaboram propostas e contra-propostas que se assumem como possíveis soluções onde porventura o fecho transitivo não aposte na consensualidade. No entanto, é porventura consensual que se às propostas e contra-propostas estiver associado uma explicação ou justificação, pode ser mais facilmente obtido um acordo. A argumentação é entendida como um mecanismo que possibilita a troca de informação e um argumento em particular é uma peça de informação que permite ao agente (Jennings et al., 1998b):

- Justificar as suas opções – um agente ao tomar determinadas decisões certamente tem razões que as suportam, o envio de argumentos de suporte permite que os restantes intervenientes disponham de mais informação para julgarem o seu comportamento. Por exemplo, considere-se uma situação que tem como objectivo seleccionar um bem a adquirir e em que uma das partes escolhe o produto X, suportado pelo argumento que é um produto produzido pela empresa Y que ao longo dos anos nunca se atrasou no prazo de entrega de um produto;
- Influenciar terceiros – um elemento na tomada de decisão em grupo tenta persuadir os restantes acerca da qualidade de uma das propostas, construindo argumentos que levem os seus pares a concordar com os pressupostos que está a defender.

Os sistemas de negociação automática em que há troca de argumentos, afirma-o Simon Parsons (Parsons et al., 1998), têm o potencial de aumentarem a probabilidade de se atingir um acordo de uma forma mais célere e eficaz.

A argumentação é utilizada no nosso dia a dia para justificar uma escolha feita ou para convencer o interlocutor sobre a bondade de determinado ponto de vista. Também na tomada de decisão em grupo, a argumentação aparenta ser uma excelente forma de justificar as escolhas realizadas e de convencer os membros do grupo da bondade de determinada alternativa.

Como já foi referido anteriormente, o trabalho aqui descrito visa desenvolver um simulador de tomada de decisão em grupo com recurso a uma metodologia de resolução de problemas baseada no conceito de agente. Das três abordagens, de suporte à negociação, referidas anteriormente, a argumentação parece ser a que mais se adequa ao desenvolvimento de um simulador de tomada de decisão em grupo, uma vez que não só se liberaliza a troca de informação entre agentes, bem como potencia a escolha de alternativas. Sendo assim, neste capítulo, ir-se-á começar por apresentar uma breve resenha histórica sobre a problemática da argumentação. Segue-se a apresentação de algumas formas de argumentação, que surgiram no contexto da Inteligência Artificial, em particular no âmbito dos Sistemas Multiagente. É dado particular destaque à argumentação persuasiva, dado aparentar ser a mais adequada em contextos de tomada de decisão em grupo.

4.2 Resenha histórica da argumentação

A argumentação tem as suas raízes num processo de retórica que surge na Sicília Grega por volta do século V a.C.. Nesse tempo Siracusa era governada por uns poucos que expropriaram as terras, ocorrendo depois uma rebelião, por parte dos donos das terras a querer recuperá-las. Foi neste contexto que Corax e o seu aluno Tísias escreveram o primeiro texto sobre retórica e ensinavam-na a qualquer pessoa que necessitasse de se envolver em disputas para recuperar as suas terras. Neste ponto da história a retórica era vista como a arte da persuasão.

Platão foi um dos maiores críticos da retórica, na sua opinião a retórica tinha como objectivo persuadir a qualquer preço, sem qualquer preocupação com a verdade.

Platão pretendia transformar a retórica num mecanismo intelectual de procura da verdade. O criticismo de Platão foi importante para a consolidação da retórica, mas foi com Aristóteles (discípulo de Platão) que a retórica se tornou numa disciplina nobre.

Aristóteles definiu a retórica como sendo a ciência de descobrir. O filósofo distinguiu entre três tipos de provas que podem ser utilizadas no discurso argumentativo:

- *Ethos* – que é baseado no carácter do orador;
- *Pathos* – baseado nas emoções e nas paixões das audiências;
- *Logos* – baseado no próprio discurso.

Note-se já aqui a contemplação dos aspectos emocionais nos processos argumentativos.

A retórica grega e a romana seguiram as linhas mestras da retórica ensinada por Aristóteles. De acordo com Chaim Perelman (Perelman, 1993), o declínio da retórica iniciou-se no século XVI; o autor relaciona este facto com a ascensão do pensamento burguês baseado no critério da evidência. Ainda na opinião de Perelman um outro factor que contribuiu para este declínio foi o racionalismo de Descartes, que eliminou de todo a argumentação. Descartes defendia que o que é evidente pode ser demonstrado e aceite, nunca discutido.

O renascimento do processo argumentativo ocorre na segunda metade do século XX, e para isso foram fundamentais os trabalhos desenvolvidos por Stephen Toulmin e Chaim Perelman (Toulmin, 1958; Perelman e Olbrechts-Tyteca, 1958), descritos de seguida.

4.2.1 Modelo de Toulmin

A teoria de argumentação de Toulmin baseia-se na contestação da lógica formal. Stephen Toulmin defende que ninguém no seu dia a dia argumenta por meio de silogismos (i.e., de acordo com as regras da lógica se uma audiência aceita ambas as premissas de um silogismo então também deve aceitar a conclusão), não querendo contudo com esta afirmação irradiar a lógica da argumentação, mas sim libertá-la porventura de algum formalismo. Neste ponto da história os estudantes de discurso público, de retórica e de lógica só se debruçaram sobre a lógica formal, sendo esse um

dos motivos pelo qual a teoria de Toulmin foi tão criticada.

Um dos aspectos mais interessantes da teoria de Toulmin é o seu modelo de argumento. De acordo com Stephen Toulmin um argumento é composto por seis partes (Toulmin, 1958):

- Afirmação – assunção de que alguém está a tentar justificar-se com o suporte de argumento;
- Dados – é a evidência (e.g., factos, dados ou outro tipo de informação) que suporta a afirmação;
- Normativa – razão pela qual se pode anunciar a afirmação com base nos dados;
- Fundamentos – informação que permite fundamentar a normativa e que pode ser uma simples afirmação ou um argumento completo;
- Excepções – informação que permite definir situações onde a partir dos dados e dos fundamentos, não é possível estabelecer a normativa (i.e., situações onde excepcionalmente a normativa não é válida);
- Qualificadores modais – palavras ou frases que limitam a intensidade da normativa (e.g., a maioria das pessoas que gosta de nadar também gosta de correr).

Uma das grandes vantagens do modelo de Toulmin é a possibilidade de um argumento poder alavancar-se em outro argumento, e no facto de uma afirmação poder ser utilizada como dados ou normativa para um novo argumento. A construção recursiva de argumentos ajuda os participantes a progredirem no sentido de encontrarem uma plataforma comum de entendimento. Na Figura 4.1 é dado um exemplo de aplicação do modelo de Toulmin, ou seja:

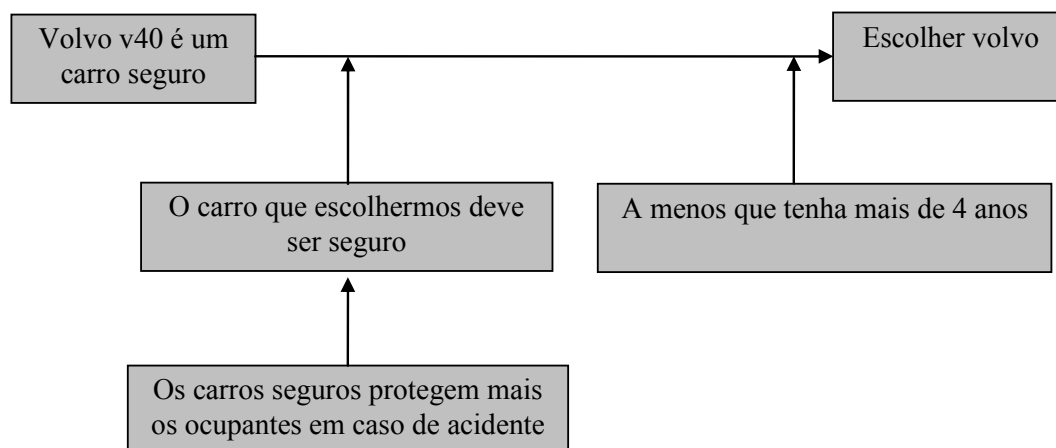


Figura 4.1 – Exemplo de aplicação do modelo de Toulmin

Suponhamos que um grupo de pessoas (e.g., uma família) pretende adquirir uma viatura. Um dos argumentos para defender a aquisição de um Volvo V40 poderá ser, por exemplo o seguinte: o Volvo V40 é um carro seguro e esse deve ser o critério mais importante na selecção de um carro, dado que os carros seguros protegem mais os ocupantes em caso de acidente, e por isso a escolha familiar deve ser o Volvo V40, a menos que seja uma viatura com mais de quatro anos, já que pode acarretar outros problemas (e.g., mecânicos).

Como foi referido na secção 3.10.3 o sistema ZENO é um exemplo da aplicação do modelo de Toulmin na área da IA. Já Trevor Bench-Capon implementou um jogo de diálogos (Bench-Capon, 1998) com base no modelo de argumento de Toulmin.

4.2.2 A Nova retórica de Perelman e Olbrechts-Tyteca

Perelman e Olbrechts-Tyteca desenvolveram uma teoria, que denominaram de Nova Retórica (Perelman e Olbrechts-Tyteca, 1958). Segundo essa teoria, o efeito da argumentação é qualificado de acordo com a sua repercussão na audiência alvo, que pode ser um grupo em particular ou ninguém (num caso extremo), ou seja, o orador está a arguir consigo próprio.

A Nova Retórica está distante da retórica não argumentativa, como é o caso da retórica de Descartes, que é baseada na evidência, na prova lógica. A teoria de argumentação de Perelman e Olbrechts-Tyteca deriva da retórica de Aristóteles, sendo que, uma das quatro técnicas de argumentação propostas é o argumento *quasi* lógico, semelhante aos entinemas de Aristóteles (Bretton e Gauthier, 2001).

Inicialmente, a Nova Retórica não teve o mesmo impacto do modelo de argumentação de Toulmin, e um dos motivos apontados (Eemeren, 2003), teve a ver com a tradução inglesa do trabalho de Perelman e Olbrechts-Tyteca só ter surgido em 1969 (o texto original estava redigido em francês).

Entre outros trabalhos a Nova Retórica serviu de base ao trabalho desenvolvido por Floriana Grasso na área da Inteligência Artificial, um ambiente para a argumentação retórica (Grasso, 2002).

4.3 Sistemas Argumentativos e Inteligência Artificial

As duas teorias apresentadas na secção anterior estudam a argumentação fora do contexto da Inteligência Artificial. Os primeiros trabalhos desenvolvidos em argumentação no campo da Inteligência Artificial remontam ao início dos anos 80 (Flowers et al., 1982; Birnbaum et al., 1980), e tiveram a ver com o estudo do processamento de linguagem natural. Posteriormente, vários investigadores da área da Inteligência Artificial dedicaram-se à análise e compreensão do processo argumentativo (Dung, 1995; Bondarenko et al., 1997; Vreeswijk, 1997; Prakken e Sartor, 1997, 1999; Prakken, 2006; Krause et al., 1995). Carlos Ivan Chesñevar e os seus colegas (Chesñevar et al., 2000), bem como Henry Prakken e Gerard Vreeswijk (Prakken e Vreeswijk, 2002), apresentam com bastante detalhe um estudo de vários desses sistemas. Nas secções seguintes serão descritos de forma sucinta alguns dos trabalhos desenvolvidos. A Programação em Lógica Estendida serve de base a alguns desses trabalhos, pelo que na próxima secção será feita uma breve incursão a esse tema.

4.3.1 Programação em Lógica Estendida

A Programação em Lógica trata a informação em função da veracidade ou falsidade das questões que lhe são colocadas, e equacionadas na forma de teoremas a demonstrar. A programação em lógica clássica é baseada em alguns pressupostos, como, por exemplo, os pressupostos do Mundo Fechado e do Domínio Fechado. O pressuposto do Mundo Fechado considera toda a informação que não está representada na base de conhecimento como sendo falsa. O pressuposto do Domínio

Fechado, considera que todos os objectos no universo de discurso estão representados na base de conhecimento.

A motivação subjacente à utilização da Programação em Lógica Estendida (PLE), passa pela introdução da capacidade de manipular de forma explícita a informação negativa (Neves, 1984; Gelfond e Lifschitz, 1991). Sendo assim, um programa em lógica estendida passa a conter dois tipos de negação: a negação fraca, também denominada de negação por falha na prova e representada pelo operador ‘*não*’, e a negação forte (também designada de explícita) que identifica a informação negativa e que é representada pelo operador ‘ \neg ’. Dessa forma, um Programa em Lógica Estendida é definido como um conjunto, possivelmente infinito, de cláusulas na forma:

$$L_0 \leftarrow L_1 \wedge L_2 \wedge \dots \wedge L_i \wedge \text{não}L_{i+1} \wedge \dots \wedge \text{não}L_m \quad (0 \leq i \leq m)$$

onde cada um dos literais L_i é uma fórmula atómica de primeira ordem, ou a sua negação explícita (i.e., A ou $\neg A$) e ‘*não*’ denota a negação por falha.

Informalmente, ‘*não L*’ lê-se como “não há prova de que L é o caso”, enquanto que ‘ $\neg L$ ’ é interpretado como “ L definitivamente não é o caso”.

Para uma melhor compreensão do significado dos conceitos negação fraca (operador ‘*não*’) e da negação forte (operador ‘ \neg ’), é frequentemente utilizado o exemplo elaborado por John McCarthy, em que se atende a um peão que pretende atravessar uma linha de caminho de ferro na condição de que nenhum comboio se aproxime (McCarthy, 1980).

$$\text{atravessar} \leftarrow \text{não comboio}$$

Esta expressão denota que o peão pode atravessar, se não existe prova de que o comboio se aproxima. No entanto, o facto de não existir informação sobre o comboio na base de conhecimento, não significa que o peão possa atravessar a linha, pois a informação pode estar indisponível devido, por exemplo, a falta de visibilidade.

$$\text{atravessar} \leftarrow \neg \text{comboio}$$

Esta expressão, por sua vez, denota que a conclusão “atravessar” só é possível se existir na base de conhecimento uma prova de que é falso que o comboio se está a aproximar. A utilização dos dois operadores em conjunto pode resultar na elaboração de expressões, como a seguinte:

\neg atravessar \leftarrow não \neg comboio

a qual denota que o peão não deve atravessar a linha, se não for possível provar que o comboio não se está a aproximar.

4.3.2 A Teoria de Argumentação de Dung

A teoria de argumentação desenvolvida por Phan Minh Dung (Dung, 1993; Dung, 1995) centra-se na noção de aceitabilidade dos argumentos. Esta teoria contribuiu de forma significativa para a existência de uma ligação entre a argumentação e a programação em lógica. Dung pretende com esta teoria proporcionar um marco para a programação em lógica estendida com negação explícita. Um programa em PLE, como vimos na secção anterior, pode ser formalmente definido como um conjunto de regras da forma:

$$L_0 \leftarrow L_1 \wedge L_2 \wedge \dots \wedge L_i \wedge \text{não} L_{i+1} \wedge \dots \wedge \text{não} L_m$$

onde L_i ($0 \leq i \leq m$) é um literal objectivo, ou seja, uma fórmula dada por A ou $\neg A$, em que A é um átomo. E o $\text{não} L_j$ ($i+1 \leq j \leq m$) é um literal subjectivo (suposição em que se baseia a prova). Segundo esta teoria, um argumento é visto como um conjunto de suposições, ou seja, um conjunto de literais subjectivos. Um argumento A suporta um literal objectivo L se e somente se é possível derivar uma prova com base nas suposições contidas nesse mesmo argumento. Um argumento é auto-derrotado se suporta tanto L como $\neg L$, tendo em conta que L é um literal objectivo.

De acordo com o autor, é possível realizar ataques a um argumento de duas formas distintas:

- O argumento A ataca o argumento A' por redução ao absurdo (ataques-RA), se o argumento constituído por $A \cup A'$ se auto-derrota;
- O argumento A ataca o argumento A' por ataque base (ataques-B) se existe uma suposição $\text{não} L$ em A' , tal que L é suportado por A .

Na teoria de argumentação de Dung (Dung, 1995) tratam-se formalmente conceitos como, por exemplo, ambiente de argumentação, conjunto de argumentos livre de conflitos, a aceitabilidade de um argumento, extensão preferida de um ambiente de argumentação, que se passam a descrever.

Um ambiente de argumentação FA é constituído pelo seguinte tripleteo:

$$FA = \langle Args, ataques, ataques-B \rangle$$

onde $Args$ denota um conjunto de argumentos, $ataques$ e $ataques-B$ são relações binárias tais que $ataques - B \subseteq ataques$. Sendo assim, é possível definir a semântica de um programa P em PLE através da semântica muito própria de uma ambiente de argumentação:

$$FA(P) = \langle Args_P, ataques, ataques-B \rangle$$

a qual deve obedecer aos seguintes pressupostos:

- $Args_P$ denota o conjunto de todos os argumentos no que diz respeito a P ;
- $ataques = ataques-RA \cup ataques-B$;
- $ataques-RA(A, A')$ se e somente se o argumento A denota um ataque por redução ao absurdo ao argumento A' ;
- $ataques - B(A, A')$ se e somente se o argumento A representa um ataque base ao argumento A' .

Considere-se programa em PLE (Figura 4.2):

$escolher(X) \leftarrow \textit{n\~ao} importado(X).$
 $importado(X) \leftarrow \textit{usadonoutropais}(X).$
 $\neg escolher(X) \leftarrow \textit{usadonoutropais}(X),$
 $\textit{n\~ao} \textit{ menos_2_anos}(X).$

$\textit{usadonoutropais}(\textit{audi_A3}).$
 $\textit{menos_2_anos}(\textit{audi_A3}).$
 $\textit{usadonoutropais}(\textit{bmw_3}).$

Figura 4.2 – Programa em PLE

Considere o seguinte conjunto de suposições (literais subjectivos): $Arg_0 = \phi$, $Arg_1 = \{\textit{n\~ao} importado(\textit{audi_A3})\}$, $Arg_2 = \{\textit{n\~ao} \textit{ menos_2_anos}(\textit{bmw_3})\}$, $Arg_3 = \{\textit{n\~ao} importado(\textit{bmw_3})\}$. Então o argumento Arg_0 suporta “ $\textit{importado}(\textit{audi_A3})$ ”, o

argumento Arg_1 suporta “escolher(audi_A3)”, o argumento Arg_2 suporta “¬escolher(bmw_3)” e por último Arg_3 suporta “escolher (bmw_3)”. O argumento Arg_2 ataca o Arg_3 por via da redução ao absurdo, dado que $Arg_2 \cup Arg_3$ é auto-derrotado (Arg_2 suporta “¬escolher(bmw_3)” e o Arg_3 suporta “escolher (bmw_3)”). O argumento Arg_0 que suporta “importado(audi_A3)” efectua um ataque básico ao Arg_1 que tem como suposição “não importado(audi_A3)”.

Trevor Bench-Capon (Bench-Capon, 1998; Bench-Capon, 2003) propôs uma extensão a esta teoria onde os argumentos têm um valor associado, e onde relaciona os argumentos e a sua validade com a audiência a que se destinam.

4.3.3 A teoria de argumentação legal de Prakken e Sartor

Henry Prakken e Giovanni Sartor (1997, 1999, 2004) analisam diferentes noções lógicas de argumentação legal e apresentam um sistema de argumentação revogável destinado a modelar o raciocínio legal, desenvolvido com base na Programação em Lógica Estendida (PLE). Esta teoria é inspirada no trabalho desenvolvido por Dung (descrito na secção anterior). As regras definidas neste sistema são do tipo:

$$r : L_0 \wedge \dots \wedge L_i \wedge \text{não}L_{i+1} \wedge \dots \wedge \text{não}L_{i+m} \Rightarrow L_{i+m+1} \quad (0 \leq i \leq m)$$

onde r é o nome da regra, L_i é um literal forte e $\text{não} L_i$ é um literal fraco (são as chamadas suposições; supõe-se que L_i é falso uma vez que não existe prova de que L_i é verdadeiro).

Prakken e Sartor apresentam duas versões do seu sistema de argumentação, a primeira assume a existência de prioridades pré-definidas entre as regras a invocar, e a segunda considera a existência de prioridades revogáveis. A segunda abordagem, ao permitir que se questione a prioridade dos argumentos, faz com que o sistema modele a realidade de forma mais precisa.

Segundo esta teoria, a base de conhecimento de determinada entidade é denominada de teoria ordenada $TO = (E, R, <)$ onde E é o conjunto das regras estritas (contêm informação que está fora do debate, sendo constituídas compostas unicamente por literais fortes), R é o conjunto das regras revogáveis e $<$ é uma relação de ordem parcial sobre R .

Um argumento A é uma sequência finita de regras extraídas a partir de TO , $A = [r_0, r_1, \dots, r_n]$, e na qual é possível estabelecer que, para cada literal forte L_i presente no antecedente de uma regra r_k , existe um j , tal que $j < k$ e L_i é o conseqüente de r_j . A conclusão de um argumento A é o literal que emana de uma qualquer regra desse mesmo argumento. Para qualquer teoria ordenada TO , o conjunto formado por todos os argumentos nela baseados é denominado de $Args_{TO}$.

Nesta teoria, conflitos entre argumentos são definidos da seguinte forma: um argumento Arg_1 ataca o argumento Arg_2 se for capaz de o atacar por refutação ou por corte. O argumento Arg_1 refuta o argumento Arg_2 se a conclusão de Arg_1 é complementar à conclusão obtida por Arg_2 . O Argumento Arg_1 ataca o argumento Arg_2 por corte se a conclusão de Arg_1 é complementar a qualquer uma das premissas de Arg_2 .

O conceito de derrota, entre argumentos, é definido nesta teoria a partir da combinação dos dois tipos diferentes de conflito. Dados os argumentos Arg_1 e Arg_2 , diz-se que Arg_1 derrota Arg_2 se e somente se uma das seguintes condições for verdadeira:

- Arg_1 é vazio e Arg_2 é incoerente (um argumento é incoerente se se ataca a si próprio);
- Arg_1 refuta Arg_2 e Arg_2 não ataca por corte Arg_1 ;
- Arg_1 ataca por corte Arg_2 .

Um argumento Arg_1 derrota estritamente um outro argumento Arg_2 se e somente se Arg_1 derrota Arg_2 e Arg_2 não derrota Arg_1 . O argumento Arg_1 é aceitável face a um conjunto de argumentos denominado de $Args$ se e somente se cada argumento que derrota Arg_1 é estritamente derrotado por um argumento pertencente a $Args$. Dada uma teoria TO , o conjunto dos argumentos justificáveis, $ArgsJust_{TO}$, é definido através de um operador de ponto fixo, denominado de função característica da teoria ordenada, F_{TO} , que se define da seguinte forma:

$$F_{TO} : 2^{Args_{TO}} \rightarrow 2^{Args_{TO}}$$

$$F_{TO}(S) = \{A \in Args_{TO} \mid A \text{ é aceitável face a } S\}, \quad S \subseteq Args_{TO}$$

onde $2^{Args_{TO}}$ denota o número total de subconjuntos de $Args_{TO}$.

Os autores mostram como construir o conjunto de argumentos justificados de forma recursiva, através da construção de subconjuntos de $Args_{TO}$:

$$\begin{aligned} F^1 &= F_{TO}(\phi) \\ F^{i+1} &= F^i \cup F_{TO}(F^i) \\ \bigcup_{i=0}^{\infty} (F^i) &= ArgsJust_{TO} \end{aligned}$$

Considere-se o seguinte exemplo (adaptado de (Prakken e Sartor, 1997)), onde $r_1 < r_3$, $r_6 < r_8$ e onde todas as restantes regras não são comparáveis.

- r_0 : $n\tilde{a}o \neg p$ é uma prova $\Rightarrow p$ prova a culpa
- r_1 : $\Rightarrow f$ forjou a prova p
- r_2 : x forjou a prova $y \Rightarrow \neg y$ é uma prova
- r_3 : x é polícia $\wedge n\tilde{a}o$ x é desonesto $\Rightarrow \neg x$ forjou a prova p
- f_4 : $\rightarrow f$ é polícia na Tripolândia
- f_5 : x é polícia na Tripolândia $\rightarrow x$ é polícia
- r_6 : x é polícia na Tripolândia $\Rightarrow x$ é desonesto
- r_7 : $\Rightarrow f$ foi condecorado
- r_8 : x é polícia $\wedge x$ foi condecorado $\Rightarrow \neg f$ é desonesto

No que se segue, concretiza-se uma instanciação do processo argumentativo elaborado por duas entidades, modelado de acordo com o formalismo de Prakken e Sartor, na forma:

Participante 1: [r_0 : $n\tilde{a}o \neg p$ é uma prova $\Rightarrow p$ prova a culpa] :: Arg₁

Participante 2: [r_1 : $\Rightarrow f$ forjou a prova p ,

r_2 : x forjou a prova $y \Rightarrow \neg y$ é uma prova] :: Arg₂

Participante 1: [f_4 : $\rightarrow f$ é polícia na Tripolândia,

f_5 : x é polícia na Tripolândia $\rightarrow x$ é polícia,

r_3 : x é polícia $\wedge n\tilde{a}o$ x é desonesto $\Rightarrow \neg x$ forjou a prova p] :: Arg₃

Participante 2: [f_4 : $\rightarrow f$ é polícia na Tripolândia,

$r_6: x \text{ é polícia na Tripolândia} \Rightarrow x \text{ é desonesto}] :: \text{Arg}_4$

Participante 1: $[r_7: \Rightarrow f \text{ foi condecorado},$

$f_4: \rightarrow f \text{ é polícia na Tripolândia},$

$f_5: x \text{ é polícia na Tripolândia} \rightarrow x \text{ é polícia},$

$r_8: x \text{ é polícia} \wedge x \text{ foi condecorado} \Rightarrow \neg f \text{ é desonesto}] :: \text{Arg}_5$

O participante 1 começa o diálogo com o argumento Arg_1 , concluindo que este é um argumento justificado para provar a culpa; o participante 2 derrota este argumento por corte utilizando Arg_2 , concluindo que f forjou a prova p e que $\neg p$ é uma prova. O participante 1 derrota estritamente Arg_2 com Arg_3 e utilizando a relação $r_1 < r_3$, concluindo que $\neg f$ forjou a prova p . O participante 2 contra-argumenta com Arg_4 que ataca Arg_3 por corte (já que ataca uma das suas premissas “*não f é desonesto*”). O participante 1 derrota estritamente o Arg_4 com Arg_5 e utilizando a relação de ordem $r_6 < r_8$. O participante 2 fica sem possibilidade de elaborar mais argumentos, pelo que o argumento avançado pelo participante 1, se não há prova que p não é uma prova então p é uma prova (Arg_1) é um argumento justificado.

4.3.4 A Lógica de argumentação

A lógica de argumentação proposta por Paul Krause e os seus colegas (Fox et al., 1992; Krause et al., 1995) desenvolve-se em torno da lógica proposicional. Um argumento nesta teoria define-se como uma tentativa de prova de determinada proposição, à qual se atribui um determinado grau de confiança. Paul Krause afirma que os argumentos têm a forma de uma fórmula lógica, mas não têm a força da mesma. Esta teoria tem os seus fundamentos no modelo de argumento de Toulmin, como se depreende da estrutura dos argumentos, que são definidos como fórmulas do tipo $(C: G: Q)$, onde:

- C denota uma afirmação à qual é associada a conclusão do argumento;
- G denota os fundamentos em que se baseia o argumento; ou seja, as formulas lógicas utilizadas no processo de derivação da conclusão;

- Q é um símbolo extraído de um dicionário de símbolos ou valores numéricos que representa o grau de confiança que a entidade tem em C (e.g., $\{+, ++\}$ onde '+' é atribuído a argumentos sustentados e '++' é atribuído a argumentos confirmados, ou seja, cujos fundamentos não podem ser discutidos).

Seja Π uma base de conhecimento composta por tripletos do tipo $(C:G:Q)$; a construção de novos argumentos de suporte é realizada através de uma relação de derivabilidade, no contexto da lógica da argumentação (la), designada de \vdash_{la} . Os autores caracterizam este relação de acordo com as regras que se apresentam em seguida:

- (A) Se $(C:G:Q) \in \Pi$ então $(C:G:Q)$ é um argumento, ou seja:

$$\frac{(C:G:Q) \in \Pi}{\Pi \vdash_{la} (C:G:Q)}$$

- (\wedge) Se é possível construir um argumento para a afirmação $C \wedge C'$ baseado em G e com o grau de confiança Q , então é possível eliminar um dos elementos da conjunção (e.g., C') então é possível construir um argumento para C com base nos mesmos fundamentos e com o mesmo grau de confiança, ou seja:

$$\frac{\Pi \vdash_{la} (C \wedge C':G:Q)}{\Pi \vdash_{la} (C:G:Q)}$$

- (\rightarrow) Se é possível construir um argumento para a afirmação C com base nos fundamentos G , e um argumento para a afirmação $C \rightarrow C'$ com base nos fundamentos G' , então é possível construir um argumento para C' fundamentado em $G \cup G'$. O grau de confiança de C' é dado por uma função de agregação, $f_{elimina_i}(Q, Q')$, associada à eliminação da implicação e definida em termos do dicionário adoptado, ou seja.:

$$\frac{\Pi \vdash_{la} (C:G:Q) \quad \Pi \vdash_{la} (C \rightarrow C':G':Q')}{\Pi \vdash_{la} (C':G \cup G':f_{elimina_i}(Q, Q'))}$$

As teorias lógicas baseadas em raciocínio não monótono, como é o caso das apresentadas nas secções 4.3.2 e 4.3.4, têm uma perspectiva dialéctica da argumentação, centram-se na noção de vitória/derrota entre os argumentos; já a lógica de argumentação (apresentada nesta secção) tem por objectivo aferir o grau de

confiança que as partes põem no argumento. Esta característica está bem visível no domínio do conhecimento escolhido, para a consideração de um “caso de estudo”, a área médica, onde porventura não fará sentido o conceito de estrita vitória/derrota (Fox e Das, 1996). Nesta teoria tem-se que, dado um termo P , é porventura possível construir argumentos de suporte tanto para P como para $\neg P$. Vejamos, para ilustração desta teoria, o seguinte exemplo (adaptado de Fox e Parsons, 1998).

A um paciente foi diagnosticada a existência de pólipos no cólon (pc) que podem vir a despoletar um carcinoma (carc); esta informação pode ser representada na base de conhecimento, na forma:

Arg1: o paciente tem pólipos no cólon (pc: {g₁}:++)

Arg2: pólipos podem vir a despoletar um carcinoma (pc → (carc, {g₂}, +))

De acordo com a teoria apresentada é possível deduzir o seguinte argumento:

Arg: o paciente pode vir a desenvolver cancro (carc, {g₁ U g₂}, +)

Note-se que, neste exemplo, a função de agregação utilizada para a combinação dos graus de confiança utilizados, corporiza um processo de minimização.

4.4 Sistemas Multiagente e Argumentação

Na literatura da área dos Sistemas Multiagente, a argumentação é referida como sendo um ponto fulcral na interacção entre os agentes (Parsons et al., 1998; Kraus et al., 1998). Leila Amgoud defende que a argumentação é utilizada com frequência para explicar escolhas já realizadas, bem como para avaliar as alternativas em discussão (Amgoud et al., 2005). A argumentação representa uma forma privilegiada de obtenção de acordos, particularmente em situações não-cooperativas e em que os agentes têm de lidar com informação incompleta e imprecisa, quer em relação aos seus pares quer em relação ao ambiente (Moulin et al., 2002).

O tipo e a natureza dos argumentos variam, contudo na literatura são identificados argumentos que se reconhece terem um maior poder persuasivo numa negociação (Karlins e Abelson, 1970; O’Keefe, 1990; Pruitt, 1990), ou seja: ameaças, promessas de recompensas futuras e apelos (promessas passadas, contra-exemplos, ao interesse

próprio). As ameaças e as promessas são identificadas como os argumentos mais utilizados numa negociação (Kraus, 2001).

Os diálogos são classificados por Douglas Walton e Krabbe com base no objectivo principal do diálogo, nos objectivos de cada um dos participantes e no conhecimento (relevante para a discussão) que os participantes detêm no início do diálogo (Walton e Krabbe, 1995). Foram identificadas seis classes principais de diálogos (embora os autores reconheçam que possam existir outras como por exemplo os diálogos comuns), ou seja:

- Inquirição – na origem destes diálogos está uma falta de conhecimento; dois ou mais participantes vão colaborar de forma a determinar a verdade ou falsidade de determinada afirmação. O diálogo termina quando uma prova é encontrada, ou quando os participantes concordam que não é possível obter essa prova. Exemplos deste tipo de diálogos podem ser encontrados no domínio da investigação científica;
- Persuasão – este diálogo ocorre quando existe um conflito entre dois participantes e onde cada um deles pretende persuadir o outro a adoptar uma certa verdade ou curso de acção;
- Negociação – o objectivo deste diálogo tem a ver com uma repartição de recursos, porventura escassos, que no fim seja aceitável para todos. Cada participante no processo visa maximizar a parte que porventura possa vir a ter direito. Um exemplo típico deste tipo de diálogo é o processo negocial que se estabelece entre um vendedor e um comprador;
- Deliberação – denota o diálogo que se estabelece entre duas ou mais entidades para elaborar um plano, procurando cada uma das partes desempenhar as tarefas que lhe sejam mais favoráveis. Ao contrário da persuasão a deliberação, não se inicia a partir de uma situação de conflito;
- Procura de informação – um participante específico questiona outro acerca do valor de verdade de determinada afirmação. Embora aparente ser semelhante ao diálogo de inquirição, difere no conhecimento inicial, já que o participante que inicia o diálogo pressupõe que o seu interlocutor detém mais conhecimento sobre o assunto do que aparenta possuir;

- Erística – os participantes utilizam este diálogo como forma de evitar a confrontação física, sendo por isso um diálogo muito intenso, onde cada uma das partes envolvidas pretende ganhar a disputa.

Na tabela 4.1 é dado um sumário da classificação de Douglas Walton e Erik Krabbe.

Tabela 4.1 – Classificação de diálogos (Walton e Krabbe, 1995)

Classe	Situação Inicial	Objectivos do Participante	Objectivo do diálogo
Inquirição	Falta de conhecimento	Julgar o valor de verdade de determinada afirmação	Provar algo
Persuasão	Conflito de opiniões	Persuadir o(s) seu(s) par(es)	Conseguir um consenso sobre determinado tema
Negociação	Conflito de interesses	Conseguir atingir os seus próprios objectivos	Conseguir um acordo que seja aceitável para todos
Deliberação	Situação de escolha	Influenciar o resultado final	Escolher de entre os disponíveis o melhor curso de acção
Procura de Informação	Divisão dispar do conhecimento	Obter ou dar informação	Difusão do conhecimento
Erística	Conflito pessoal	Agredir verbalmente o(s) seu(s) oponente(s)	Revelar os motivos subjacentes ao conflito e conseguir um certo nível de acomodação

A categorização de um diálogo numa destas seis classes é porventura uma tarefa árdua e de difícil concretização, uma vez que na maioria dos casos este será dado por uma combinação de diferentes tipos de classes. Como já referimos anteriormente, o trabalho aqui descrito visa simular a fase da escolha da tomada de decisão em grupo, pelo que não nos parece existir espaço para negociação no sentido em que esta é definida por Walton e Krabbe (1995), e isto porque nesta fase as alternativas já estão previamente definidas. A deliberação tem objectivos muito próximos aos da persuasão, podendo-se porventura afirmar que os diálogos deliberativos estão incluídos na persuasão considerando, por exemplo, o caso do apelo ao interesse próprio, o que nos leva a afirmar que na fase dos processos de tomada de decisão em grupo que pretendemos simular, o diálogo que aparenta ser mais adequado é o da persuasão, já que o grupo necessita de acordar numa solução final e única.

Num passado recente vários foram os mecanismos propostos para suportar o processo de negociação entre agentes, que se servem da argumentação. Um dos primeiros é provavelmente o trabalho desenvolvido por Katia Sycara, que passou pelo desenvolvimento do sistema *Persuader*, que permitia a mediação e resolução inteligente de conflitos (Sycara, 1989; Sycara, 1990). A autora defendia a utilização da argumentação persuasiva como forma de resolver os conflitos entre agentes, não completamente cooperativos. A elaboração dos argumentos era efectuada através da combinação do cálculo da utilidade esperada para os agentes e de um mecanismo de raciocínio baseado em casos.

De seguida, iremos descrever alguns sistemas de negociação entre agentes que recorrem à argumentação e, em particular, à argumentação persuasiva. Para finalizar esta secção, será elaborada uma tabela comparativa desses sistemas, onde são evidenciados os diferentes métodos utilizados na geração, selecção e avaliação dos argumentos.

4.4.1 Trabalho desenvolvido por Kraus e os seus colegas

O trabalho de Katia Sycara (Sycara, 1989; Sycara, 1990) serviu de base a investigação realizada por Sarit Kraus e os seus colegas (Kraus et al., 1998), que propuseram um modelo lógico para a obtenção de acordos através da argumentação. Neste modelo, os argumentos trocados entre as partes, baseiam-se na psicologia da persuasão, tal como no sistema *Persuader* anteriormente referido. As entidades envolvidas podem recorrer a seis tipos diferentes de argumentos: ameaças, recompensas, apelo a comportamentos passados, apelo ao interesse do oponente, apelo a práticas comuns e apelo a contra-exemplos. Neste modelo aos diferentes actores é associada uma assinatura, com base num conjunto de atributos, tais como capacidade de memorização, capacidade de aprendizagem e de cooperação.

Como já vimos, cada uma das partes dispõe de seis tipos diferentes de argumentos, sendo que a sua geração é sempre associada ao preenchimento de um certo conjunto de pré-condições. Quando para um dado tipo de argumento tais pré-condições são verificadas, tendo por base o estado mental da entidade a que se refere e do mundo em que este se insere, então esta é autorizada a utilizar aquele tipo de argumento.

Após ter sido gerado o conjunto de argumentos, é necessário eleger o argumento a

enviar ao oponente; segundo este modelo a selecção é realizada com base numa relação de ordem parcial, em que pontua:

- Os apelos a práticas comuns;
- Os apelos a contra-exemplos;
- Os apelos a promessas passadas;
- Os apelos aos interesses do oponente;
- As promessas de uma recompensa futura;
- As ameaças.

Cada uma das partes começa por tentar utilizar o(s) argumento(s) mais facilmente rebatíveis (e.g., apelo a práticas comuns), e caso este(s) argumento(s) não surta(m) efeito perante o oponente passará então a ser mais persuasivo, podendo até chegar às ameaças. Os autores justificam este procedimento tendo por base dois factores, a eficiência imediata e a eficiência a longo prazo, uma vez que, por exemplo, uma ameaça pode surtir um efeito positivo no imediato, mas a longo prazo pode deteriorar uma relação.

Neste modelo, a aceitação de um argumento por parte de um dado oponente está associada, condicionada, por três factores: o valor de colisão, o factor de convencimento e o valor de aceitação. O valor de colisão denota a existência ou não de conflito entre os objectivos que a parte procura atingir e as consequências da aceitação do argumento para a consecução desse objectivo, podendo tomar um de dois valores, verdadeiro ou falso. O valor do factor de convencimento indicia o quão convincente é o argumento; para o seu cálculo os autores sugerem a utilização de simples heurísticas que aferem da validade do argumento, atribuindo-lhe um valor de verdade (e.g., no caso de um argumento do tipo “apelo a uma promessa passada” há que verificar se a promessa foi realmente feita ou não). O valor de aceitação é necessário quando não é possível decidir unicamente com base nos dois factores anteriores (i.e., valor de colisão e factor de aceitação). No cálculo do valor de aceitação são tidos em conta outros factores que permitem determinar a utilidade que tem ou não, para cada uma das partes, aceitar ou recusar determinado argumento.

Os autores propõem um algoritmo simples que, tendo por base os três valores acima referidos, permite decidir sobre a aceitação ou não de determinado argumento.

4.4.2 Trabalho desenvolvido por Sierra e os seus colegas

Carles Sierra e os seus colegas (Sierra et al., 1998) propõem um modelo genérico para a negociação baseada em argumentação, com base nos agentes ou entidades que nesta participam, na qual as partes trocam propostas e contra propostas entre si, sendo estas justificadas por argumentos. O protocolo de negociação apresentado é baseado num máquina de estados finitos, sendo que uma negociação é dada como concluída se o agente aceita o pedido ou desiste da negociação. A linguagem de comunicação definida pelos autores contém mensagens do tipo:

Elocução (emissor, receptor, conteúdo, tempo)

As Elocuções permitidas dão pelo nome de: *oferta, pedido, aceitação, rejeição, desistência, ameaça, recompensa e apelo*, sendo que este último pode ser de vários tipos (e.g., apelo à autoridade, apelo ao interesse próprio, apelo a contra-exemplos). É então possível construir mensagens que comportam elocuções deveras imbricadas, como se exemplifica no que se segue:

ameaça ($Ag_1, Ag_2, não\ aceita(Ag_2, Ag_1, limite=24h, t_2)$,

apelo($Ag_1, director_ Ag_2, Ag_2=incompetente,$

não\ aceita ($Ag_2, Ag_1, limite=24h, t_2), t_3), t_1$)

a qual denota que o agente Ag_1 está a ameaçar o agente Ag_2 no instante t_1 , dizendo-lhe que se não aceitar, no instante t_2 , o tempo limite de 24h para a realização de uma tarefa, vai informar o seu director, no instante t_3 , de que é um incompetente, já que não aceitou a proposta para realizar a tarefa nas 24h que lhe foram atribuídas.

Este modelo de argumentação foi inspirado e demonstrado em cenários em que o enfoque está na gestão do processo de negócio, o que poderá ter influenciado o processo escolhido para a avaliação dos argumentos utilizados, em que as premissas em que assentam têm por base a autoridade, a qual é por sua vez construída com base nas relações de poder que se desenvolvem entre as partes e no papel que estas têm na organização.

A noção de avaliação neste modelo tem as suas raízes no conceito de ataque/derrota da teoria de argumentação de Dung, já objecto de estudo na secção 4.3.2. Por exemplo, dados os argumentos (Arg_1, φ_1) e (Arg_2, φ_2), onde Arg_1 suporta a fórmula φ_1 e Arg_2 suporta a fórmula φ_2 , tem-se que (Arg_1, φ_1) ataca (Arg_2, φ_2), ou seja:

(Arg_1, φ_1) é preferido a (Arg_2, φ_2) se e somente se o nível de autoridade dos agentes envolvidos em Arg_1 é superior ao dos envolvidos em Arg_2 .

Neste modelo não são definidos de forma clara os processos através dos quais um dado agente selecciona os argumentos que envia para os seus pares; não existe uma ordem pré-definida tal como no trabalho de Kraus, apresentado na secção 4.4.1. A única alusão que é feita a este respeito é a de que os agentes do tipo “autoritário” tendem sempre explorar as suas relações de poder, ameaçando sempre que possível, enquanto que os agentes do tipo “conciliador” tendem a optar pelos argumentos do tipo explanatório.

4.4.3 Trabalho desenvolvido por Parsons e os seus colegas

Este trabalho visa propor um modelo genérico, baseado em argumentação, que usa a negociação entre agentes como forma de atingir uma solução aceitável para todos. O sistema de argumentação proposto é baseado na lógica de argumentação de Krause (Krause et al., 1995), já objecto de estudo na secção 4.3.4, embora com uma diferença significativa, quer em relação ao trabalho referido quer em relação a outros (Dung, 1995), que está no facto de os agente não partilharem, necessariamente, as regras de inferência, o que significa que determinado agente poderá não conseguir reconstruir um argumento que lhe foi enviado. Tal obriga a que os argumentos detenham uma prova completa onde se incluem as regras de inferência utilizadas.

No modelo de Parsons um argumento é dado por uma conjunção de termos lógicos, a qual é construída com base nas intenções do próprio agente, ou seja:

$$\Gamma \vdash (\varphi, G)$$

onde:

- Γ denota o conjunto de todas os termos disponíveis para construir um dado argumento;
- \vdash denota uma relação de derivabilidade;
- φ denota o teorema que se pretende provar;
- G denota o conjunto de fórmulas utilizadas para inferir φ .

O modelo proposto é um modelo genérico, passível de ser integrado em quaisquer das arquitecturas de agente disponíveis, no entanto os seus autores apresentam uma concretização do modelo, utilizando a arquitectura CDI (Crenças, Desejos e Intenções).

De acordo com o modelo, um agente deve aceitar uma proposta se não é capaz de contra argumentar.

Os argumentos são, aqui, classificados de acordo com as seguintes classes de aceitabilidade:

- A_1 – classe formada por todos os argumentos que podem ser construídos a partir de Γ ;
- A_2 – classe formada por todos os argumentos não triviais que podem ser construídos a partir de Γ ;
- A_3 – classe formada por todos os argumentos que podem ser construídos a partir de Γ e para os quais não é possível, a partir de Γ , construir argumentos os refutem;
- A_4 – classe formada por todos os argumentos que podem ser construídos a partir de Γ e para os quais não é possível, a partir de Γ , construir argumentos que os ataquem por corte;
- A_5 – classe formada por todos os argumentos tautológicos que podem ser construídos a partir de Γ .

Como todos os argumentos de determinada classe estão incluídos nas classes de nível inferior, é possível definir a seguinte sequência de inclusão:

$$A_5(\Gamma) \subseteq A_4(\Gamma) \subseteq A_3(\Gamma) \subseteq A_2(\Gamma) \subseteq A_1(\Gamma)$$

As classes de aceitabilidade são determinantes na selecção e avaliação das propostas e/ou dos argumentos. Se ao receber um dado argumento o agente conclui que este pertence às classes A_4 ou A_5 então aceita o argumento, se porventura conclui que o argumento pertence a uma das classes de aceitabilidade de nível inferior tende a rejeitar a proposta e a propor uma nova. As classes de aceitabilidade proporcionam também ao agente uma forma de ordenar as potenciais propostas e/ou argumentos, para que apenas as melhores sejam enviadas.

A aplicação deste modelo pressupõe que os agentes confiam plenamente entre si, que não têm más intenções e que são benevolentes, o que pode dificultar um pouco a aplicação deste modelo em situações reais, tendo em conta que o mundo não é um mar de rosas...

4.4.4 Trabalho desenvolvido por Ramchurn os seus colegas

Ramchurn e os seus colegas propõem uma abordagem retórica à argumentação persuasiva (baseada em ameaças, apelos e recompensas) entre agentes autónomos (Ramchurn et al., 2003). Este modelo foi desenvolvido com base no trabalho de Carles Sierra (Sierra et al., 1998), incorporando também alguns dos aspectos da abordagem de Sarit Kraus (Kraus et al., 1998). Neste modelo são propostos algoritmos para a selecção de argumentos e para a avaliação dos mesmos. Como os agentes não são necessariamente cooperativos, nesta abordagem há que quantificar o grau de confiança que os agentes têm entre si. Confiança é um conceito muito importante nos Sistemas Multiagente e existe uma forte linha de investigação nesta área (Ramchurn et al, 2004; Novais et al., 2004; Mui et al, 2002; Sabater e Sierra, 2002).

Neste modelo os mecanismos de raciocínio dos agentes assentam em dois princípios fundamentais: confiança e maximização da utilidade. No que diz respeito à maximização da utilidade são definidas duas funções de avaliação:

- $V^\alpha: S \rightarrow [0,1]$, que é utilizada pelo agente α para avaliar o estado actual do mundo;
- $EV^\alpha: A \times S \rightarrow [0,1]$, que é utilizada pelo agente α para avaliar o estado esperado do mundo após a realização de determinada acção.

A geração das propostas tem por base a maximização da utilidade, ou seja, um agente α só propõe p num estado s se e somente se $EV^\alpha(s,p) > V^\alpha(s)$.

A geração e utilização dos argumentos está condicionada à verificação de determinadas pré e pós condições; veja-se, por exemplo, o caso concreto de uma ameaça, ou seja:

$$ameaça(Ag_1, Ag_2, p, t)$$

o qual pode ser entendido como tendo-se o agente Ag_1 a ameaçar Ag_2 que irá fazer t se este não aceitar a proposta p . A utilização do argumento está sujeita à verificação das seguintes condições:

$$\left. \begin{array}{l} B^{Ag_1} (V^{Ag_2} (s) > EV^{Ag_2} (s, p)), \\ B^{Ag_1} (V^{Ag_2} (s) > EV^{Ag_2} (s, t)), \\ B^{Ag_1} (V^{Ag_2} (\delta(s, p)) > V^{Ag_2} (\delta(s, t))) \end{array} \right\}$$

ou seja, o agente Ag_1 deve acreditar que o agente Ag_2 prefere não aceitar a proposta p , que a concretização da ameaça não é benéfica para Ag_2 e por último que Ag_2 prefere realizar p em vez de t .

A selecção e avaliação dos argumentos são condicionadas pela força dos argumentos; um argumento forte pode fazer com que o oponente aceite mais facilmente uma determinada proposta, contudo a sua utilização pode condicionar a confiança que este tem no proponente e dessa forma minar futuras colaborações. Os autores sugerem um conjunto de regras *fuzzy*, suportadas por resultados experimentais, para a selecção dos argumentos a enviar, nomeadamente:

Regra 1: Se a confiança no oponente é baixa e a utilidade da proposta é alta, então enviar um argumento forte.

Regra 2: Se a confiança no oponente é alta e a utilidade da proposta é baixa, então enviar um argumento fraco.

A avaliação da força de um dado argumento a (e.g., forte, fraco) por um agente α , é dada pela função:

$$SV^\alpha : a \rightarrow [-1, +1]$$

$$SV^\alpha(a) = \frac{\sum_{s \in S} (V^\alpha(\delta(s, a)) - V^\alpha(s))}{|S|}$$

Como já referimos, a avaliação de uma proposta é determinada pela força do argumento de suporte, caso exista, pela confiança no interveniente e pela utilidade da proposta.

4.4.5 Outros trabalhos

Existem muitas iniciativas no campo dos sistemas de negociação automática que utilizam a argumentação, e em particular à argumentação persuasiva (Rahwan et al., 2003). Nas secções anteriores foram abordados alguns desses trabalhos, no entanto há um conjunto de outros trabalhos nesta área que devem também ser referidos, nomeadamente os de (Amgoud et al., 2000; 2005; 2006; Sadri et al., 2001; 2002; Grasso, 2002; Brito et al., 2003; Rahwan et al., 2004; 2006; Morge, 2004; McBurney et al., 2004; Atkinson et al., 2006).

4.4.6 Análise e discussão das abordagens apresentadas

Das secções anteriores depreende-se que não existe uma abordagem universal à argumentação no contexto da negociação automática. Sintetizando, é possível afirmar que os agentes com capacidades argumentativas devem possuir mecanismos que permitam, entre outras:

- Gerar um conjunto de argumentos de suporte a determinada proposta ou alternativa;
- Seleccionar para envio um dos elementos do conjunto dos argumentos gerados;
- Avaliar os argumentos recebidos e actualizar, em concordância, o seu universo de discurso.

Na tabela que a seguir se apresenta é possível visualizar uma súmula dos mecanismos utilizados nas abordagens analisadas nas secções anteriores.

Tabela 4.2 – Abordagens para a geração, selecção e avaliação de argumentos

	Geração	Seleccção	Avaliação
Parsons et al.	O ponto de partida são as intenções do agente, que levam à criação de planos e provas (argumentos).	É seleccionado o argumento mais forte (determinado com base na classe de aceitabilidade a que pertence).	Baseada nas classes de aceitabilidade e no facto de que se não é possível derrotar um argumento este deve ser aceite.
Kraus et al.	Um conjunto de regras <i>ad hoc</i> define os argumentos que podem ser gerados em cada situação em particular.	A ordem é pré-definida, começando-se pelo argumento mais fraco e indo-se até ao mais forte (apelos, promessa e por último ameaça).	Realizada com base no cálculo de valor de utilidade (valor de colisão, factor de convencimento e valor de aceitabilidade).
Ramchurn et al.	São gerados todos os potenciais argumentos que respeitem as pré-condições.	A relação entre a utilidade da proposta a defender e a confiança no oponente, permite que se decida entre o envio de um argumento forte ou fraco.	Baseada no cálculo de um função que avalia a utilidade da proposta, a força do argumento e a confiança no oponente.
Sierra et al.	Os argumentos gerados são baseados no papel desempenhado pelo agente no interior da organização.	Um pouco vaga, embora os autores relacionem o argumento escolhido com o tipo de agente (conciliador, autoritário).	Avaliação dos argumentos tem por base o tipo de agente e a relação de autoridade estabelecida.

4.5 Conclusão

Este capítulo estabelece uma relação entre a simulação da tomada de decisão em grupo e a negociação automática. Para esta última, várias abordagens foram propostas na literatura, sendo que, a abordagem argumentativa foi aqui objecto de estudo. Num processo de tomada de decisão em grupo, a argumentação apresenta ser uma forma muito interessante de os participantes justificarem as opções tomadas, bem como persuadirem os seus pares sobre a mais ou menos valia de determinada proposta.

Neste capítulo foi abordada a problemática da argumentação, primeiro fora do contexto da Inteligência Artificial, com o estudo do modelo de Toulmin e da Nova Retórica, e depois no seio da mesma, com o estudo do modelo de Dung, do modelo de Prakken e Sartor e da lógica de Krause. Foram também estudados alguns dos modelos de argumentação, baseados ou não nos modelos teóricos previamente apresentados, que pontuam no contexto dos Sistemas Multiagente. Em particular, foram estudados os mecanismos de geração, selecção e avaliação dos argumentos.

Como conclusão pode-se afirmar que a grande maioria da investigação relacionada com a integração da argumentação com os Sistemas Multiagente se centra na negociação. A tomada de decisão em grupo envolve certamente negociação, mas não se restringe unicamente a esta, a qual foi uma das principais motivações para a construção de um modelo Multiagente para simular a argumentação no contexto da tomada de decisão em grupo.

No próximo capítulo irá ser apresentado o simulador Multiagente desenvolvido no âmbito desta tese, descrevendo-se os agentes, a sua estrutura, características, comportamento emocional e, em particular, os mecanismos de suporte à argumentação, com ênfase nos processos de geração, selecção e avaliação de argumentos.

CAPÍTULO 5

MODELO PROPOSTO

*Whatever the mind can conceive and believe,
the mind can achieve.*

NAPOLEON HILL

Com o passar dos anos é cada vez mais usual a inclusão de grupos nos processos de tomada de decisão. Os grupos, que podem ser formais ou informais, trocam ideias, envolvem-se em processos de argumentação e contra-argumentação, negociam, cooperam e/ou colaboram. Os Sistemas Multiagente revelam-se, assim, como o motor que dá corpo à elaboração de procedimentos e formas de representação de conhecimento de um processo de tomada de decisão em grupo.

Neste capítulo será apresentada uma proposta de um Sistema Multiagente para a modelação dos processos de tomada de decisão em grupo, onde os agentes de software desempenham o papel de decisores. De entre os vários agentes envolvidos, dar-se-á particular enfoque aos que nos representam, os quais são descritos em termos de conhecimento, objectivos e suas especificidades.

5.1 Introdução

Nos capítulos anteriores, foi efectuada uma análise bibliográfica acerca da temática de tomada de decisão em grupo, bem como sobre os modelos e sistemas de argumentação já desenvolvidos, sendo realçada a importância da componente emocional que tais processos transportam.

Um Sistema Multiagente, entendido como uma metodologia para a resolução de problemas, tem o potencial para dar corpo aos procedimentos e formas de representação de conhecimento que permitem simular um processo de tomada de decisão em grupo.

Este trabalho visa desenvolver um simulador de tomada de decisão em grupo, com recurso ao conceito de agente de software, que potencie a simulação de formas de decisão multi-critério, criando assim um possível cenário de treino para agentes de decisão.

Em conformidade com o exposto, neste capítulo ir-se-á propor a arquitectura para um Sistema Multiagente capaz de modelar processos de tomada de decisão em grupo, em particular no que diz respeito às fases de escolha, negociação e argumentação.

Será ainda apresentado um arquétipo para os agentes participantes, os quais deverão ser capazes de estabelecer as suas próprias preferências e, de acordo com uma estratégia, conhecimento e estado emocional em que se encontram, seleccionar o seu par e argumentar com vista a persuadi-lo a subscrever os seus objectivos.

Um outro aspecto que merecerá a nossa atenção neste capítulo tem a ver com os mecanismos de representação do conhecimento e formas de raciocínio, em particular a necessidade de suportar o raciocínio sobre informação incompleta e imprecisa, bem como a quantificação da qualidade da informação.

5.2 Arquitectura do Sistema Multiagente

No âmbito do trabalho aqui descrito, passar-se-á a propor uma arquitectura para um Sistema Multiagente, que assegure a fase de escolha e negociação/argumentação de um processo de tomada de decisão em grupo.

Do estudo realizado sobre os processos de tomada de decisão em grupo e dos Sistemas de Apoio à tomada de Decisão em Grupo, assumiram-se como centrais dois tipos de entidades: os (agentes) participantes e o (agente) facilitador (i.e., a entidade responsável pela organização e coordenação da reunião) (Marreiros et al., 2004b; Marreiros et al., 2007a). Cada uma destas entidades vai ser representada por um agente de software com características próprias. Para além destes dois tipos de agente, foram considerados também um agente de votação e um agente de informação (Figura 5.1).

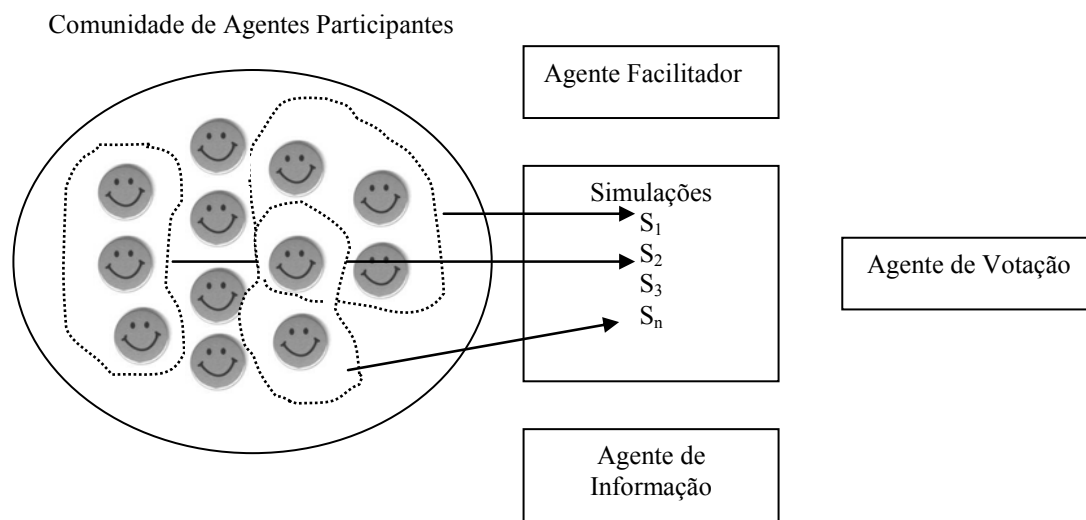


Figura 5.1 – Arquitectura do Sistema Multiagente

A Figura 5.1 ilustra a arquitectura que se propõe (Marreiros et al., 2006e). Seguidamente, passar-se-á a descrever cada um dos agentes que a povoam.

Agente Facilitador

O agente facilitador ajuda o utilizador na tarefa de organizar a simulação (e.g., na análise do problema e na formulação das regras a seguir para a tomada de decisão). Uma das tarefas a cargo do agente facilitador, tem a ver com o processo de formação do grupo (i.e., com a selecção dos (agentes) participantes).

Este agente é também responsável pela inclusão de novos (agentes) participantes na comunidade de (agentes) participantes. Durante o período de tempo em que a simulação decorre o agente facilitador acompanha o processo e no final elabora um relatório onde consta, para além dos resultados obtidos com a simulação (e.g., existência ou não de acordo), informações sobre o desempenho dos agentes, ou outros

elementos que de alguma forma possam ser relevantes para o utilizador.

Agente de Votação

A experiência leva-nos a afirmar que, não raras vezes, os processos de tomada de decisão em grupo têm uma ou mais rondas de votação. O agente votação é responsável pelas tarefas relacionadas com a simulação dos processos de votação, os quais se regem pelas regras de decisão estabelecidas pelo agente facilitador.

Este agente dispõe de um sistema de votação plural, em que a relação de ordem parcial sobre as alternativas é estabelecida tendo em atenção que se conhece, para cada uma delas, o número de agentes participantes que a seleccionou. Dentro deste sistema o agente dispõe de vários métodos de aprovação, nomeadamente, a maioria simples (i.e., uma alternativa é apresentada como a escolha do grupo, desde que detenha mais de 50% dos votos), a maioria qualificada (i.e., uma alternativa é dada como a escolha do grupo, se for a eleita por dois terços dos agentes envolvidos na simulação) e a unanimidade (i.e., uma alternativa só é assumida como a escolha do grupo se for subscrita por todos os membros do grupo).

No âmbito do trabalho aqui descrito, não foram consideradas diferenças hierárquicas entre os agentes participantes, ou seja, não foi considerada a influência de um poder que é consequência da sua posição na hierarquia da organização. No entanto, esta poderá ser uma linha de investigação a seguir no futuro, passando-se assim a suportar outras estruturas de decisão. Não foram igualmente considerados mecanismos de votação ponderada. Na abordagem que propomos todos os agentes detêm igual número de votos, embora nos pareça que possa ser interessante considerá-los, uma vez que permitem modelar situações como, por exemplo, assembleias de accionistas.

Note-se que, no âmbito do trabalho aqui descrito, o agente de votação não é crucial para o bom desempenho do sistema, uma vez que o cerne deste processo está na capacidade de argumentação dos (agentes) participantes e não nos resultados das várias rondas de votação. A simulação da votação serve, principalmente, para que os agentes envolvidos numa simulação se apercebam de forma mais célere e eficaz das preferências dos seus pares, e assim se possam aferir alguns indicadores para a gestão deste tipo de sistemas.

Agente de Informação

O agente de informação detém conhecimento sobre o problema multi-critério que será objecto de discussão por parte dos (agentes) participantes, no decorrer (da simulação) da reunião de tomada de decisão em grupo. Em particular, detém elementos sobre as várias alternativas e critérios de avaliação. Deve ser realçado, porém, que este agente não detém informação sobre as preferências individuais dos (agentes) participantes.

Agente Participante

Os (agentes) participantes são os actores que vão actuar como procuradores dos decisores humanos em processos de tomada de decisão em grupo. Estes agentes são criados com base em competências, comportamento social e postura emocional, de acordo com o descrito no capítulo dois, e que os individualizam. Cada agente tem uma visão introspectiva de si próprio, bem como dos seus pares e do universo de discurso em que se insere. Com o decorrer do tempo, e baseados em históricos, é-lhes possível traçar de uma forma construtiva o perfil dos seus pares, em particular no que diz respeito às suas características antropomórficas, como é o caso da benevolência, credibilidade, argumentos preferidos e postura emocional. O modelo que o agente participante constrói dos seus pares pode contemplar informação incompleta e imprecisa, razão pela qual é natural que se deva incluir o conceito de qualidade da informação nas formas de raciocínio que suportam.

Na secção 5.4. é proposto um arquétipo para a construção dos agentes participantes, bem como são apresentados os mecanismos de representação de conhecimento que estes utilizam, sendo dado especial destaque à representação de informação incompleta e imprecisa e à problemática da quantificação da qualidade da informação.

Em seguida, apresentamos o modelo de decisão pelo qual o nosso modelo se rege, bem como o protocolo de tomada de decisão em grupo.

5.3 Modelo de decisão

Como se disse no capítulo três, existem vários modelos de decisão. No modelo que propomos utilizamos uma combinação do modelo racional de Simon com o modelo político (Marreiros et al., 2007b).

O modelo de Simon analisa a problemática da tomada de decisão através das seguintes fases: inteligência, concepção, escolha e implementação. Por ter sido desenvolvido para modelar a tomada de decisão a nível individual, não contempla os processos de negociação que visam encontrar uma solução que genericamente seja aceite por todos os membros de um grupo.

No modelo político, as decisões são vistas como consequências das estratégias e táticas utilizadas pelos elementos do grupo, que na sua essência visam a obtenção de um acordo final, que na medida do possível deverá ser o mais vantajoso para cada um dos membros em particular. Neste modelo é assumido que as entidades envolvidas têm objectivos diferentes, podem estar em conflito, facto que por si só potencia a necessidade de resolução de conflitos de interesses e pontos de vista, bem como a consideração das relações de poder entre as partes.

O protocolo que propomos na secção seguinte combina os dois modelos previamente referidos, com a particularidade que no que diz respeito às fases do modelo de Simon, a única considerada é a fase da escolha. No modelo que propomos, é tido como pressuposto que o problema de decisão já se encontra perfeitamente identificado e caracterizado. Como mecanismo de resolução dos conflitos de interesses e de pontos de vista é utilizada uma forma de argumentação persuasiva.

5.3.1 Protocolo de tomada de decisão em grupo

O protocolo de negociação define as regras de interacção entre os diferentes agentes, isto é, define quem pode dizer o quê, a quem e quando (Rosenschein e Zlotkin, 1994). De forma análoga, o protocolo de tomada de decisão em grupo define as regras que regem as relações inter agentes, e em particular as que estabelecem o fluxo de actividades que os agentes devem realizar durante o período em que a simulação está em curso.

Note-se que o protocolo apresentado na Figura 5.2 (Marreiros et al., 2006c; Marreiros et al., 2007b) não considera a fase de pré-reunião, onde o problema de decisão é analisado e onde são definidos os parâmetros da simulação (e.g., regras de votação e duração da simulação).

Seja AgF o agente facilitador

Seja Sim1 a simulação em causa

Seja Lrequisitos a lista que contém as características que os agentes devem ter para poderem pertencer ao grupo de simulação

Seja N o número de agentes pretendidos para a simulação Sim1

Seja Δ o conjunto de agentes que formam o grupo de agentes participantes (i.e. que participam na simulação)

Início

$\Delta \leftarrow \text{formação_grupo}(\text{Sim}, \text{Lrequisitos}, N)$

$\text{inicio_sim}(\text{Sim1})$

Para cada $AgP_j \in \Delta$ **fazer**

$Pref \leftarrow \text{elege_preferida}(AgP_j)$

$\text{vota}(Pref)$

Fim para

Enquanto $\neg \text{aprov}(\text{Sim1})$ e $\neg \text{esgotou_tempo}(\text{Sim1})$ **fazer**

Se $\neg \text{tempo_votar}(\text{Sim1})$ **então**

$\text{ordem_argumentação}(\Delta)$

$\text{avalia_arg}(\Delta)$

$\text{Rectifica_BC}(\Delta)$

Senão

Para cada $AgP_j \in \Delta$ **fazer**

$Pref \leftarrow \text{elege_preferida}(AgP_j)$

$\text{vota}(Pref)$

Fim para

Fim Enquanto

Fim

Figura 5.2 – Protocolo de decisão

Os passos a seguir na simulação do processo de tomada de decisão em grupo encontram-se descritos no algoritmo da figura anterior. O início da simulação é precedido pela formação do grupo de decisão; há que ter em atenção de que no decorrer deste trabalho foi feita uma primeira abordagem à problemática da formação de grupos (Marreiros et al., 2005a) em que era tido em linha de conta a contribuição que cada um dos potenciais participantes poderia dar para a resolução de um problema em concreto. No entanto, optou-se por realizar a formação dos grupos tendo em consideração o perfil de cada um dos (agentes) participantes (e.g., benevolência, apresentar ou não potencial para lidar com emoções). Os agentes são seleccionados de entre os que pertencem à comunidade de (agentes) participantes e satisfazem os requisitos pretendidos.

Após o início da simulação, segue-se uma fase em que os agentes analisam individualmente as várias propostas em discussão, de acordo com as suas preferências, elegendo a sua alternativa preferida.

Segue-se a verificação da existência, ou não, de um acordo entre os (agentes) participantes, realizada pelo agente de votação. A aprovação de determinada alternativa deve ser verificada de acordo com as regras de votação estabelecidas para a simulação. Se existir um acordo entre os membros do grupo, no que diz respeito à alternativa a eleger, a simulação é dada por terminada, caso contrário é iniciado um novo período de argumentação.

No caso de não ter sido obtido um acordo, ou seja, a simulação ainda não terminou, dá-se início a rondas em que se trocam argumentos, durante as quais cada um dos (agentes) participantes vai não só analisar o resultado da última votação mas também vai seleccionar os “opponentes” que tentará persuadir. Para tal, cada um dos (agentes) participantes pode, se assim o entender, procurar persuadir os seus oponentes.

Em cada ronda de argumentação, os (agentes) participantes trocam argumentos entre si avaliam-nos de acordo com a sua própria base de conhecimento e, se for caso disso, rectificam-na de acordo com esse novo conhecimento.

Após uma ronda de argumentação, pode dar-se início a uma nova ronda, ou a um período de votação, sendo que esta decisão é tomada pelo agente de votação em sintonia com o agente facilitador.

5.4 Agente Participante

Na secção 5.2 foi proposta uma arquitectura para lidar com o processo de tomada de decisão em grupo, nomeadamente no que diz respeito à fase de escolha, negociação e argumentação. Nesta secção é apresentado um modelo para a arquitectura interna dos (agentes) participantes, que são a figura principal do nosso Sistema Multiagente, uma vez que fazem o papel de humanos em reuniões de tomada de decisão em grupo. Para além da apresentação do arquétipo dos (agentes) participantes é ainda definida a forma como estes representam a informação internamente, sendo dado particular destaque ao suporte à representação da informação incompleta e imprecisa, bem como à quantificação da qualidade dessa mesma informação.

5.4.1 Arquétipo do agente participante

O arquétipo proposto para a implementação dos (agentes) participantes é dado na Figura 5.3 (Marreiros et al., 2005c; Marreiros et al., 2007b; Santos et al., 2006).

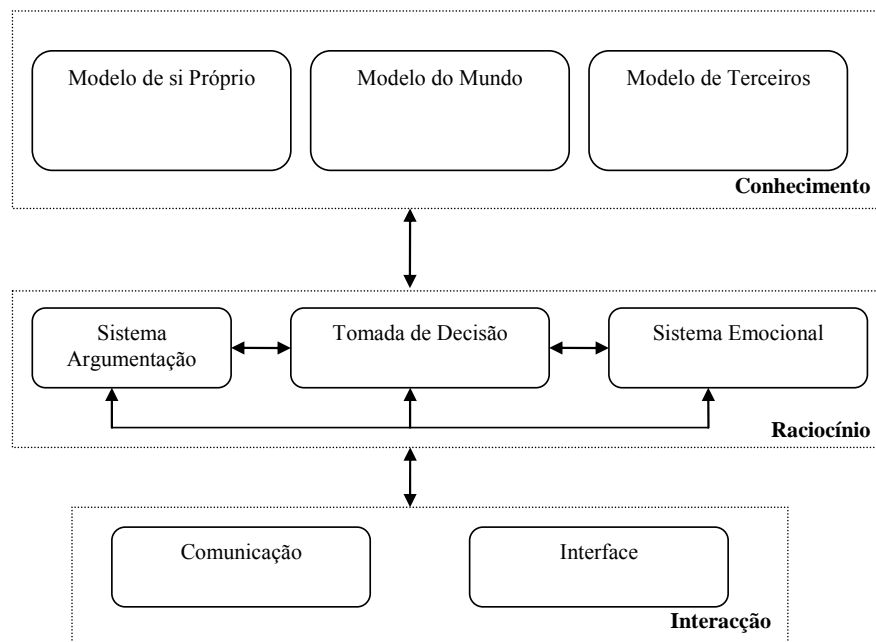


Figura 5.3 – Arquitectura do Agente Participante

Os (agentes) participantes denotam as entidades envolvidas num processo de tomada de decisão em grupo, pelo que é necessário dedicar-lhes uma atenção especial, em particular no que se refere ao seu perfil, aos seus objectivos, e às estratégias que utilizam para os atingir.

A estrutura por nós proposta é multi-camada, nomeadamente a camada de conhecimento, a camada de raciocínio e a camada de interacção. Em seguida é feita uma breve incursão sobre cada uma delas.

Camada de Conhecimento

Na camada de conhecimento tem-se a componente introspectiva (i.e., a modelação do próprio), o conhecimento geral (i.e., o modelo do mundo) e o conhecimento sobre terceiros. O conhecimento introspectivo tem a ver com o que o agente pensa de si próprio, bem como os objectivos que persegue. No conhecimento geral situa-se informação acerca do universo de discurso, em termos de procedimentos a seguir e

histórico. O conhecimento sobre terceiros contempla a informação que o agente reuniu sobre as crenças e o perfil dos seus pares, por exemplo, em termos de objectivos e preferências.

Camada de Raciocínio

Um agente deve ser capaz de raciocinar, mesmo na presença de incerteza e incompletude. Através de diferentes formas de raciocínio um agente deve ser capaz de adquirir novo conhecimento, tendo por base, essencialmente, experiências (simulações) prévias.

Esta camada é composta por três grandes módulos:

- O Sistema de argumentação – que é responsável pela geração, selecção e avaliação da argumentação utilizada. Este componente está intimamente ligado com o estado emocional do agente e com o conhecimento que este detém sobre os seus pares;
- O Módulo de decisão – que suporta os (agentes) participantes no estabelecimento das suas preferências (iniciais). Este módulo permite a classificação das diferentes alternativas, que corporizam o problema multi-critério, em três classes, nomeadamente: preferida, indiferente e inaceitável. A classificação em classes facilita o processo de decisão, uma vez que permite de forma célere e eficaz identificar as alternativas que são negociáveis;
- Componente emocional – é responsável pelas clivagens emocionais e de formação de estados de alma, que afectam a escolha dos argumentos a enviar e, como tal, o resultado da simulação.

Nas secções seguintes (5.5, 5.6 e 5.7) são descritos em detalhe cada um dos componentes da camada de raciocínio, bem como a sua interligação.

Camada de Interacção

A comunicação é um ponto fulcral dos Sistemas Multiagente, na medida em que funciona como plataforma logística para todos os processos relacionados com a gestão

das mensagens. Tipicamente, a extensão da relação de derivabilidade, ou seja, a explicação de um raciocínio não deve ser comunicado directamente a terceiros. À semelhança do que se sabe e pensa acerca do raciocínio humano, primeiro é realizada uma análise à relação, após o que se obtém uma possível solução, a qual deve sofrer um processo de transformação de tal forma que os restantes agentes a interpretem de forma correcta.

As mensagens recebidas são ordenadas por ordem de chegada, sendo de seguida decodificadas e enviadas para as respectivas camadas, consoante o conteúdo das mesmas.

Esta camada também é responsável pela interacção com o utilizador (do simulador), permitindo, por exemplo, que o conhecimento que o agente detém sobre si próprio e sobre terceiros, possa ser visualizado.

5.4.2 Representação do conhecimento

A representação do conhecimento, como forma de descrição do mundo real, baseada em meios mecânicos, lógicos ou outros, será sempre função da capacidade do sistema em descrever, com maior ou menor exactidão, o conhecimento que existe e aquele que se pretende representar.

Embora por vezes os termos “dados”, “informação” e “conhecimento” sejam utilizados de forma indistinta, parece-nos importante efectuar uma distinção entre os três. Dados referem-se na nossa opinião a um conjunto de factos, enquanto que informação significa a organização e agregação desses mesmos dados de acordo com certos padrões. Já o conhecimento descreve não só a informação, mas também a percepção de experiências vividas por sucessivas observações do mundo ou universo de discurso (Figura 5.4).

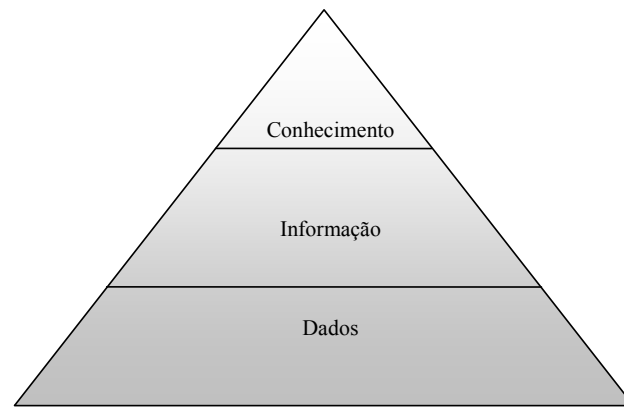


Figura 5.4 – Pirâmide da “Informação”

Na base da pirâmide encontram-se os dados (adquiridos a partir de uma simples observação do estado do mundo, quantificáveis), no meio a informação (derivada dos dados mas que já é dotada de relevância e propósito), e no topo o conhecimento (cuja obtenção implica reflexão, síntese e contextualização). Thomas Davenport e Laurence Prusak (Davenport e Prusak, 1998) consideram que um indivíduo gera conhecimento não só a partir da interação de um conjunto de informações obtidas externamente a si próprio mas também a partir do conhecimento e da informação que já detinha anteriormente.

Na Figura 5.5 posicionam-se os três conceitos (dados, informação e conhecimento) no que diz respeito à quantidade da informação e ao valor dessa mesma informação.

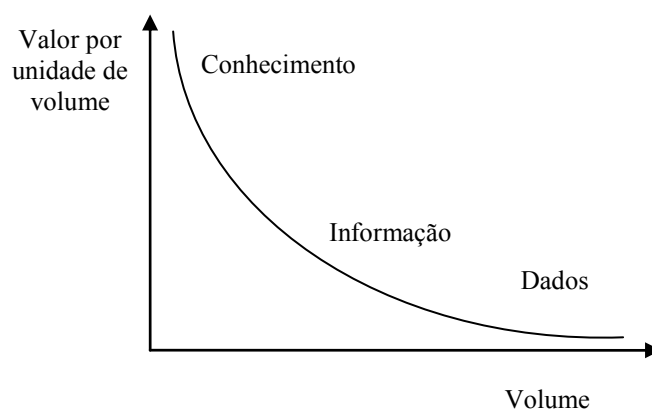


Figura 5.5 – Relação entre o volume e o valor da “informação”

O papel do conhecimento é vital para o bom funcionamento das organizações. Numa sociedade e economia competitiva, cada vez mais se exige que a tomada de decisão

seja feita com o máximo de informação, com o máximo de qualidade. Numa economia de informação, a concorrência entre as organizações baseia-se na sua capacidade de adquirir, tratar, interpretar e utilizar a informação de forma célere e eficaz (Mcgee e Prusak, 1994).

A qualidade das decisões tomadas bem como a qualidade do processo decisório passa pela qualidade da informação disponível. Vários autores defendem que a qualidade da informação é vital para o sucesso das organizações (Lee et al., 2002; Huang et al., 1999). A qualidade de informação não é um conceito novo, mas que tem vindo a merecer cada vez mais atenção. Tradicionalmente, a qualidade de informação era associada à precisão (que mede o grau de conformidade da informação com o que ela representa na realidade). A qualidade da informação também já foi definida como “adequação ao uso”, ou seja, a qualidade da informação não pode ser unicamente medida pela sua precisão, mas também pela sua adequação (Juran e Gryna, 1993).

Outra definição, caracteriza a qualidade da informação através da sua divisão em duas grandes categorias: inerente e pragmática. A qualidade de informação inerente mede a precisão e correcção dos dados, enquanto que a qualidade de informação pragmática assenta na relevância que esses dados precisos têm no suporte ao desempenho da organização (English, 1999).

Richard Wang, afirma que a qualidade da informação vai muito para além da correcção e precisão dos dados, identificando quatro dimensões para classificar a qualidade da informação (Wang et al., 1994):

- Intrínseca – características intrínsecas dos dados, independentes da sua utilização, como por exemplo, correcção, objectividade e veracidade;
- Contextual – características relacionadas com o contexto de utilização dos dados, como por exemplo, relevância, disponibilidade e volume apropriado;
- Representação – características relacionadas com a forma de apresentação da informação, como por exemplo, interpretabilidade e compreensão;
- Acessibilidade – características relacionadas com a acessibilidade e segurança dos dados.

A qualidade de informação está muito relacionada com a existência de conhecimento imperfeito. Bonissone e Tong (1985) definiram 3 tipos de imperfeições que podem ser encontrados: incompletude (ausência de valor), imprecisão (falta de precisão no

cálculo de determinado valor) e incerteza (dúvida sobre a veracidade de determinado facto).

O conhecimento imperfeito é ubíquo, no sentido em que quase toda a informação que descreve o mundo real é certamente incompleta e imprecisa (Parsons, 1996). No caso da tomada de decisão em grupo, existem dois aspectos a considerar, nomeadamente a informação disponível sobre o problema em discussão e o conhecimento que os membros do grupo de decisão têm uns sobre os outros. A qualidade de toda esta informação irá certamente ser determinante para o sucesso do processo de tomada de decisão em grupo, sendo por isso importante ter a capacidade de medir a qualidade da informação de que se dispõe em cada momento.

O modelo que propomos para a representação da informação assenta no trabalho desenvolvido por José Neves (Neves, 1984; Abelha, 2004; Analide, 2004), em que se recorre a uma representação do conhecimento com recurso à Programação em Lógica Estendida (PLE), que utiliza os conceitos de informação incompleta (imperfeita) e raciocínio com base em informação incompleta.

5.4.2.1 Representação da informação incompleta e imprecisa

A representação da informação incompleta e imprecisa é abordada no contexto da Programação em Lógica Estendida (PLE), previamente apresentada no capítulo quarto, e que contempla a representação de informação negativa de uma forma explícita.

No âmbito do trabalho aqui descrito, a identificação das situações de informação incompleta emerge como uma estratégia para a enumeração de casos em que se pretende discernir sobre situações em que as respostas podem ser conhecidas (verdadeiro ou falso) ou desconhecidas (Neves, 1984; Traylor e Gelfond, 1993; Analide, 2004). Nesse contexto, serão considerados dois tipos, distintos, de situações de informação incompleta (valores nulos), nomeadamente o caso em que o valor é completamente desconhecido e o caso em que apesar de o valor ser desconhecido, se sabe que este varia num determinado conjunto de valores.

Valores nulos do tipo desconhecido

Um nulo do tipo desconhecido denota a falta de informação sobre um ou mais itens de informação. Na tomada de decisão em grupo e considerando que o problema de decisão se encontra completamente definido e liberto de qualquer incompletude, não raras vezes ocorrem situações em que o agente participante tem necessidade de lidar com valores desconhecidos, nomeadamente no que diz respeito, por exemplo, a informação relativa aos seus pares.

Para uma melhor compreensão do conceito analise-se, por exemplo, a forma de representar o conhecimento que o (agente) participante agP_i tem sobre a credibilidade do agente agP_j , bem como sobre o agente agP_k , que pertencem à mesma comunidade de (agentes) participantes, que é dada pelo programa em PLE:

$$\begin{aligned} &credibilidade(agP_k, 10). \\ &credibilidade(agP_j, \perp). \\ &\neg credibilidade(Ag, V) \leftarrow not credibilidade(Ag, V) \wedge not exceção_{credibilidade}(Ag, V). \\ &exceção_{credibilidade}(Ag, V) \leftarrow credibilidade(Ag, \perp). \end{aligned}$$

Nesta formulação, o símbolo \perp representa um valor nulo do tipo desconhecido, no sentido em que qualquer valor é uma potencial solução, sem contudo ser possível concluir o que quer que seja sobre o valor da solução exacta. No exemplo apresentado, é possível deduzir da base de conhecimento do agente participante agP_i , que a credibilidade do agente agP_k toma o valor de 10, mas no que diz respeito à credibilidade do agente agP_j a única afirmação possível é que a sua credibilidade é desconhecida.

Valores nulos tomados de um determinado conjunto

Num conjunto de valores, os nulos do tipo desconhecido denotam situações para as quais se posicionam diversas alternativas. Analisemos novamente o conceito de credibilidade, que determinado agente detém sobre outro, para exemplificar este tipo de valor nulo. Considere-se o programa em PLE:

$$\begin{aligned}
 &credibilidade(agP_k, 10). \\
 &credibilidade(agP_j, \perp). \\
 &\neg credibilidade(Ag, V) \leftarrow not credibilidade(Ag, V) \wedge not exceção_{credibilidade}(Ag, V). \\
 &exceção_{credibilidade}(Ag, V) \leftarrow credibilidade(Ag, \perp). \\
 &exceção_{credibilidade}(agP_i, V) \leftarrow V \geq 3 \wedge V \leq 5.
 \end{aligned}$$

Consideremos agora o exemplo em que o agente participante agP_i prevê, através de interações prévias, que a credibilidade do agente participante agP_i tem o valor 4 com uma margem de erro de 1. Ou seja, de acordo com a base de conhecimento do agente participante agP_i é possível concluir que a credibilidade do agente agP_i , apesar de ser desconhecida, toma valores no intervalo de $[3,5]$ (em que “[e]” é a notação para conjuntos).

5.4.2.2 Meta-interpretador

No seguimento da representação da informação incompleta e imprecisa apresentada na secção anterior, tornar-se-á porventura útil neste ponto, apresentar um meta-interpretador que permita implementar mecanismos de inferência (Marreiros et al., 2006e).

Nesse sentido, define-se o seguinte meta-interpretador para informação incompleta, representado pelo predicado $demo : Q, V \rightarrow \{verdadeiro, falso, desconhecido\}$, onde Q representa a questão que se pretende valorar (V) em termos de verdadeiro, falso ou desconhecido, de acordo com as seguintes produções em PLE:

$$\begin{aligned}
 &demo(Q, verdadeiro) \leftarrow Q. \\
 &demo(Q, falso) \leftarrow \neg Q. \\
 &demo(Q, desconhecido) \leftarrow not Q \wedge not \neg Q.
 \end{aligned}$$

O meta-interpretador $demo()$, da forma como está definido acima, indica que dado um literal Q :

- Q é verdadeiro, se for possível encontrar na base de conhecimento prova de que Q é verdadeiro;
- Q é falso, se for possível encontrar na base de conhecimento prova de $\neg Q$, ou seja prova de que Q é falso;

- Q é desconhecido, se não for possível provar que Q é verdadeiro, nem que Q é falso.

5.4.2.3 Caracterização da base de conhecimento

Atendendo ao arquétipo a que obedece o (agente) participante e à formulação proposta para a representação da informação incompleta, advém que a sua Base de Conhecimento (BC) pode ser construída com base em produções da forma $r_k : P_{i+j+1} \leftarrow P_1 \wedge P_2 \wedge \dots \wedge P_{i-1} \wedge \text{not}P_i \wedge \dots \wedge \text{not}P_{i+j}$, onde $i, j, k \in \mathbb{N}_0$, P_1, \dots, P_{i+j} são literais, i.e., fórmulas do tipo p ou $\neg p$, onde p é um átomo e em que $r_k, \text{not}, P_{i+j+1}$ e $P_1 \wedge P_2 \wedge \dots \wedge P_{i-1} \wedge \text{not}P_i \wedge \dots \wedge \text{not}P_{i+j}$, denotam, respectivamente, o identificador da cláusula, a negação por falha na prova, o consequente e os antecedentes da regra. Se $i = j = 0$, a fórmula é denotada de facto e é dada na seguinte forma, $r_k : P_1$.

De acordo com o arquétipo constante da Figura 5.3, a base de conhecimento de um (agente) participante (BC_{agP}) é definida na forma (Marreiros et al., 2006e):

$$BC_{agP} = AgPO \cup AgPOO \cup AgPP \cup AgPPO \cup AgPW$$

onde:

- $AgPO$ – contém informação sobre os objectivos do (agente) participante;
- $AgPOO$ – reúne informação sobre os objectivos dos restantes elementos da comunidade, ou seja, o que pensa o (agente) participante sobre os objectivos dos seus pares;
- $AgPP$ – contém informação que descreve o conhecimento introspectivo, ou seja a ideia que o (agente) participante tem de si próprio;
- $AgPPO$ – reúne informação sobre o conhecimento que o (agente) participante tem sobre o perfil dos restantes membros da comunidade de (agentes) participantes;
- $AgPW$ – armazena o conhecimento genérico que o agente tem sobre o mundo (universo de discurso) em que está inserido.

5.4.2.4 Caracterização do perfil dos agentes participantes

O perfil dos (agentes) participantes, é dado por (Marreiros et al., 2006c; Marreiros et al., 2006d; Marreiros et al., 2007a):

- Estado emocional – caracteriza o estado de espírito do agente, e obedece à valoração: positivo, negativo ou neutro;
- Benevolência – um agente pode ser, ou não, benevolente. Sendo que, se um agente é benevolente e recebe um pedido de um par para perfilhar determinado objectivo, diga-se, alterar a sua preferência para a alternativa X , este irá aceder a esse pedido desde que essa seja uma das suas alternativas preferidas (a definição do conjunto das alternativas preferidas vai ser abordada no âmbito da secção 5.6.2). Se um agente benevolente receber mais do que um pedido, para adoptar determinado objectivo e todos estes forem aceitáveis, podendo porém ser conflituosos entre si, o agente benevolente irá aceitar o pedido do agente com maior credibilidade;
- Argumentos preferidos – o (agente) participante pode ter algum tipo de preferência sobre os argumentos a enviar para os seus pares;
- Dívidas de gratidão – como consequência de terem um passado, os agentes estão cientes das dívidas de gratidão que têm para com terceiros;
- Inimizades – desenvolvem-se entre (agentes) participantes que por qualquer razão não gostam de interagir entre si;
- Credibilidade – cada (agente) participante mantém um registo em que mede a credibilidade dos seus pares. A credibilidade não é observável num agente ou pessoa, i.e., a credibilidade não deve resultar de um simples processo de observação, mas sim de um processo de avaliação subjectiva num espaço multi-dimensional. Da literatura é possível abstrair duas dimensões que são normalmente utilizadas para mensurar a credibilidade (Andrade et al., 2005): confiança e perícia. Ao avaliar a credibilidade dos seus pares o (agente) participante deve ter em consideração o seu desempenho e o facto de ser ou não merecedor de confiança (e.g., se cumpre ou não as suas promessas).

No capítulo seguinte, dedicado à implementação, serão detalhados alguns dos aspectos relacionados com o perfil do (agente) participante.

5.4.2.5 Qualidade da informação representada

Como já foi referido anteriormente, a qualidade da informação é certamente determinante para o sucesso do processo de decisão, não sendo por isso viável descurar este aspecto na construção de um modelo Multiagente para a simulação de processos de tomada de decisão em grupo. Na secção 5.4.2.1 foram referidos as diferentes situações que podiam ocorrer em termos de representação de informação incompleta e imprecisa. No âmbito do trabalho aqui descrito, consideramos que a informação sobre o problema de decisão está perfeitamente definida. No entanto, no que diz respeito à informação que os agentes participantes detêm sobre o perfil dos seus pares, esta poderá estar embebida de incompletude e imperfeição.

Para mesurar a qualidade da informação que um determinado (agente) participante detém sobre os seus pares, ir-se-ão definir os seguintes operadores de qualidade (Marreiros et al., 2006c; Marreiros et al., 2006e):

- $Q_{EstadoEmocional}$ – denota uma medida da qualidade da informação que o agente tem sobre o estado emocional do seu oponente;
- $Q_{Gratidão}$ – denota uma medida da qualidade da informação detida pelo (agente) participante face às dívidas de gratidão;
- $Q_{Credibilidade}$ – denota uma medida da qualidade da informação detida pelo (agente) participante no que respeita ao conhecimento que tem sobre a credibilidade do seu oponente;
- $Q_{Inimizades}$ – denota uma medida da qualidade da informação respeitante às inimizades que desenvolveu com os seus pares;
- $Q_{Benevolência}$ – denota uma medida da qualidade da informação que suporta uma das características intrínsecas dos (agentes) participantes, neste caso a benevolência;
- $Q_{Dependente}$ – denota uma medida da qualidade da informação que mede o comportamento do (agente) participante em relação ao tempo;
- $Q_{Argumentos}$ – denota uma medida da qualidade da informação que mede as preferências de um agente participante no que respeita ao tipo de argumentos.

A Qualidade da Informação, no que diz respeito à característica K é dada por

$Q_k = 1/\text{card}$, onde card representa a cardinalidade do conjunto das exceções para a característica K , dados em termos do predicado K , no caso de estas serem disjuntas.

No caso em que estas não são disjuntas, a qualidade da informação é dada por

$$Q_k = \frac{1}{C_1^{\text{card}} + \dots + C_{\text{card}}^{\text{card}}}, \text{ em que } C_{\text{card}}^{\text{card}} \text{ lê-se como o número de combinações de } \text{card}$$

elementos tomados de card a card .

A qualidade de informação que determinado (agente) participante, suponhamos agP_i , detém sobre o perfil do seu oponente, suponhamos agP_j , é dada pela expressão:

$$Q^{agP_i}(\text{perfil}_{agP_j}) = \frac{\sum_{k=1}^N Q_k^{agP_j} * W_k^{agP_i}}{\sum_{k=1}^N W_k^{agP_i}}$$

onde N denota o número de características que convergem para definir o perfil do (agente) participante, $Q_k^{agP_j}$ é uma medida da qualidade da característica K e $W_K^{agP_i}$ denota a contribuição da característica K para a construção do perfil do agente.

Considere-se agora um exemplo para uma melhor compreensão do modelo que propomos para medir a qualidade da informação que determinado agente (agP_i) tem sobre o seu oponente (agP_j).

As produções que se seguem, em PLE, denotam a informação que o agente agP_i tem sobre agP_j . Na construção do perfil foram considerados unicamente os pressupostos credibilidade, estado emocional, benevolência, gratidão e inimizades.

$\neg \text{credibilidade}(Ag, V) \leftarrow \text{not credibilidade}(Ag, V) \wedge \text{not exceção}_{\text{credibilidade}}(Ag, V).$

$\text{exceção}_{\text{credibilidade}}(agP_k, 3).$

$\text{exceção}_{\text{credibilidade}}(agP_k, 4).$

$\text{exceção}_{\text{credibilidade}}(agP_k, 3.5).$

$\text{exceção}_{\text{credibilidade}}(agP_k, 4.5).$

$\neg \text{estadoEmocional}(Ag, V) \leftarrow \text{not estadoEmocional}(Ag, V) \wedge \text{not exceção}_{\text{estadoEmocional}}(Ag, V).$

$\text{exceção}_{\text{estadoEmocional}}(agP_k, \text{positivo}).$

$\text{exceção}_{\text{estadoEmocional}}(agP_k, \text{negativo}).$

$\neg \text{benovolência}(Ag, V) \leftarrow \text{not benovolência}(Ag, V) \wedge \text{not exceção}_{\text{benovolência}}(Ag, V).$

$\text{exceção}_{\text{benovolência}}(agP_k, \perp).$

$\neg \text{gratidão}(Ag, V) \leftarrow \text{not gratidão}(Ag, V) \wedge \text{not exceção}_{\text{gratidão}}(Ag, V).$

$\text{gratidão}(agP_k, agP_i).$

$\neg \text{inimizades}(Ag, V) \leftarrow \text{not inimizades}(Ag, V) \wedge \text{not exceção}_{\text{inimizades}}(Ag, V).$

$\text{inimizades}(agP_k, agP_m).$

De acordo com o definido em termos dos operadores de qualidade, tem-se então que:

$$Q_{\text{Credibilidade}} = \frac{1}{4}$$

$$Q_{\text{EstadoEmocional}} = \frac{1}{2}$$

$$Q_{\text{Benovolência}} = 0$$

$$Q_{\text{Inimizades}} = 1$$

$$Q_{\text{Gratidão}} = 1$$

Considerando que todas as características têm um peso que toma o valor de um, a qualidade da informação que o agente agP_i tem sobre o perfil do agente agP_j , considerando apenas as características referidas acima, toma o valor de $Q^{AgP_i}(\text{perfil}_{AgP_j}) = \frac{2,27}{5} = 0,55$.

A representação desta informação num espaço hiper-dimensional, e conseqüente projecção no plano cartesiano, considerando que cada um dos eixos é uma característica do perfil, ou seja, credibilidade, estado emocional, benevolência, inimizades e gratidão (Figura 5.6), permite-nos seguir a evolução do que o agente participante conhece acerca do estado mental dos seus parceiros.

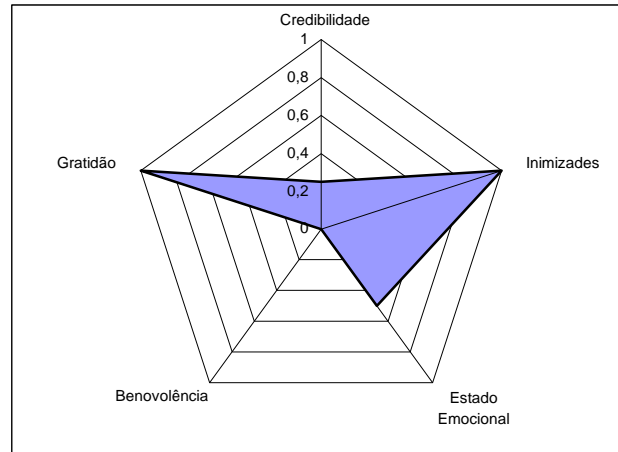


Figura 5.6 – Representação de um Espaço Hiper-Dimensional no plano cartesiano que denota uma medida da qualidade de informação que o agente tem sobre o perfil de um dos seus pares

Numa situação em que o agente não detém nenhum conhecimento sobre os seus oponentes (e.g., momento em que o agente é inserido na comunidade de agentes participantes) e considerando todas as características que compõem o perfil, temos o gráfico da Figura 5.7.

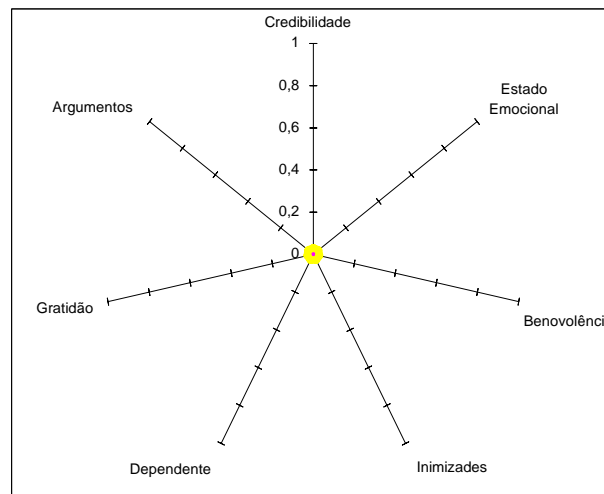


Figura 5.7 – Representação de um Espaço Hiper-Dimensional no plano cartesiano que denota uma situação de total falta de informação ou de descoordenação sobre o perfil dos agentes que fazem parte da comunidade

Numa situação em que o agente tem conhecimento total sobre todas as características do perfil dos seus oponentes, obtém-se o gráfico da Figura 5.8.

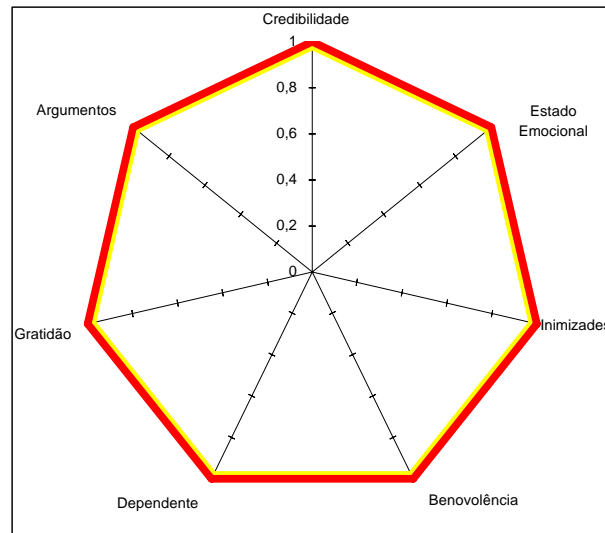


Figura 5.8 – Representação de um Espaço Hiper-Dimensional no plano cartesiano que denota uma situação em que a qualidade da informação que o agente detém sobre os seus pares é total

Estas representações num espaço Hiper-Dimensional permitem de uma forma simples e rápida quantificar a qualidade de informação que o (agente) participante detém sobre o colectivo, ou pelo menos de parte dos agentes que constituem a comunidade de (agentes) participantes.

5.4.3 Comportamento estratégico do agente participante

Genericamente, uma estratégia de negociação passa pela especificação de acções que um agente planeia executar durante um processo de negociação. Há que atender, porém, que várias são as estratégias compatíveis com um determinado protocolo de negociação, podendo cada uma conduzir a diferentes resultados.

No modelo que aqui se propõe, os (agentes) participantes têm ao seu dispor dois tipos de estratégias, nomeadamente as dependentes do comportamento e as dependentes do objectivo (Marreiros et al., 2006d).

No que respeita ao comportamento dependente dos objectivos do agente, ir-se-ão considerar duas tácticas distintas, as quais vão influenciar a forma como o agente se relaciona com os seus pares, e que se expressa na forma:

- Defender a alternativa preferida;

- Evitar que uma alternativa que pertence à classe das inaceitáveis seja a eleita pelo grupo.

O comportamento do agente, no que respeita à estratégia dependente do objectivo que implementa, é influenciado por uma outra estratégia, que tem a ver com a sua atitude perante o avanço inexorável do tempo. Se o comportamento de um agente é função do tempo, e a tática que implementa passa por defender a alternativa preferida e, no último período para argumentação ainda não foi eleita uma alternativa, então o agente muda o seu comportamento dependente do objectivo para evitar que uma das alternativas indesejáveis seja a eleita.

Note-se que a utilização de uma ou de outra estratégia, numa mesma simulação, vai influenciar o fluxo de argumentos trocados entre os membros do grupo e porventura o resultado da simulação.

No que respeita às estratégias dependentes do comportamento do agente, disponibilizam-se duas, as quais influenciam a forma como o agente selecciona o oponente que irá tentar persuadir:

- Determinada – o agente que está a utilizar esta estratégia, uma vez escolhido um oponente vai consumir todos os seus argumentos com vista a atingir os seus objectivos. Só avança para a selecção de outro oponente se esgotou todos os argumentos ou se o oponente já se rendeu aos seus argumentos;
- Ansiosa – neste caso o agente tem pressa em atingir os seus objectivos. O agente que implementa esta estratégia, uma vez seleccionado o oponente, avança para a selecção de um outro oponente, caso o seu poder de persuasão não tenha vingado com o primeiro.

5.5 Módulo Emocional

As emoções passíveis de serem consideradas no nosso modelo, são as mesmas das do modelo OCC (Ortony, 2003): alegria, tristeza, esperança, medo, alívio, desapontamento, orgulho, remorso, gratidão, raiva, amizade e antipatia. As emoções no nosso modelo são categorizadas de acordo com os seguintes atributos: tipo (variável dicotómica que indica se a variável é positiva ou negativa), tempo de início

(note-se que este tempo é mensurável em termos de tempo de simulação), origem (identifica o agente ou o evento causador da emoção) e intensidade da emoção.

Na figura 5.9 são referenciados os componentes chave do sistema emocional: o módulo de avaliação, o módulo de selecção e o módulo de decaimento (Marreiros et al., 2005c; Marreiros et al., 2006a; Santos et al., 2006).

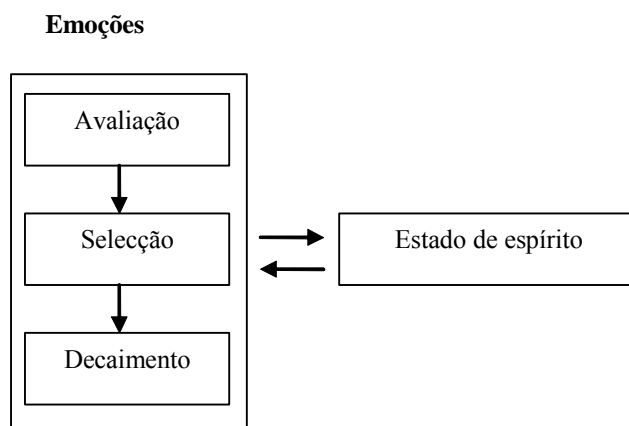


Figura 5.9 – Arquitectura do sistema emocional

O estado de espírito do agente no nosso modelo é calculado tendo por base as emoções vividas pelo agente. Este assunto será objecto de análise na secção 5.5.4.

5.5.1 Avaliação das emoções

O mecanismo de avaliação é baseado no modelo OCC. As emoções são geradas com base em regras do tipo “Se – Então – Senão”, atendendo ao universo de discurso dos agentes. A relação entre os diferentes componentes das regras é estabelecida através de operadores lógicos (e.g., *AND*, *OR* e *NOT*). Um outro aspecto a considerar tem a ver com a intensidade com que são sentidas, o que segundo o modelo OCC é função do(a):

- Senso de realidade – denota uma medida ou quantificação do contexto com que o evento, objecto ou agente que a desencadeou é percebido pelo agente que a vive;
- Proximidade – denota a amplitude temporal que decorreu entre o momento em que esta se sente até ao momento em que ocorreu o evento que a despoletou;

- Surpresa – denota o facto de determinada ocorrência ser ou não ser uma surpresa para o agente. O imprevisto normalmente mexe com os nossos sentimentos, as nossas emoções, dando-lhes um pouco mais de sal;
- Estímulo – denota o quanto o agente foi previamente estimulado, para viver ou sentir uma dada situação.

Os tópicos referidos em epígrafe (senso de realidade, proximidade, surpresa e estímulo) são aqui entendidos como variáveis globais do sistema.

O modelo OCC propõe para além da geração das emoções através de regras do tipo “Se – Então – Senão”, uma metodologia para o cálculo da intensidade com que são vividas. No cálculo da intensidade vários aspectos são levados em consideração, tais como o potencial de geração e a sua abrangência. No que respeita a “alegria”, por exemplo, a regra proposta é a seguinte:

$$\begin{aligned} & \textit{Se Desejo}(p, e, t) > 0 \\ & \textit{Então Potencial}_{alegria}(p, e, t) = f_j(|\textit{Desejo}(p, e, t)|, I_g(p, e, t)) \end{aligned}$$

onde, $|\textit{Desejo}(p, e, t)|$ denota o nível de desejo que uma pessoa p atribui ao evento e , no instante de tempo t .

$I_g(p, e, t)$ denota o valor de intensidade com que a emoção será vivida, e que é função de possíveis associações das variáveis globais a que nos referimos em epígrafe.

É agora possível reformular o cálculo da intensidade com que se vive um estado emocional em que há um certo êxtase (alegria), a partir da produção:

$$\begin{aligned} & \textit{Se Potencial}_{alegria}(p, e, t) > \textit{Act}(p, t) \\ & \textit{Então Int}_{alegria} = \textit{Potencial}_{alegria}(p, e, t) - \textit{Act}(p, t) \\ & \textit{Senão Int}_{alegria} = 0 \end{aligned}$$

onde, $\textit{Act}(p, t)$ denota o valor do patamar de activação da emoção “alegria” e $\textit{Int}_{alegria}$ a respectiva intensidade.

Em seguida dar-se-ão algumas das regras definidas no nosso modelo para a avaliação das emoções:

- Esperança – se determinado (agente) participante AgP tem um objectivo X e solicita a um outro agente AgP_y que o subscreva, então ir-se-á gerar uma emoção (positiva), com base na “esperança” de que certo evento irá ocorrer no instante t e com a intensidade I , ou seja:

$$\begin{aligned} & \textit{Se } Obejctivo(AgP, X) \textit{ AND } Pedido(AgP, AgP_y, X) \\ & \textit{Então } Emoção(esperança, '+', t, X, I) \end{aligned}$$

- Desapontamento – se determinado (agente) participante AgP tem um objectivo X e solicita a um outro agente AgP_y que adopte tal objectivo como seu e este o recusa, então vai ser gerada uma emoção (negativa), com base num certo desapontamento no instante t e com a intensidade I , ou seja:

$$\begin{aligned} & \textit{Se } Objectivo(AgP, X) \textit{ AND } Pedido(AgP, AgP_y, X) \textit{ AND } Recusa(AgP_y, AgP, X) \\ & \textit{Então } Emoção(desapontamento, '-', t, X, I) \end{aligned}$$

- Gratidão – se determinado (agente) participante AgP solicitou a um outro agente AgP_y que adopte o objectivo $\neg X$ e este o aceita, então vai ser gerada a emoção (positiva), com base numa certa gratidão no instante t e com a intensidade I , ou seja:

$$\begin{aligned} & \textit{Se } Pedido(AgP, AgP_y, \neg X) \textit{ AND } Aceita(AgP_y, AgP, \neg X) \\ & \textit{Então } Emoção(gratidão, '+', t, AgP_y, I) \end{aligned}$$

- Medo – se determinado agente recebeu um pedido para não concretizar X , suportado pelo argumento que se fizer X então Y vai ocorrer, sendo que um dos objectivos do agente é que Y não ocorra, tem-se que:

$$\begin{aligned} & \textit{Se } Pedido(AgP_y, AgP, \neg X, ameaça(Y)) \\ & \textit{Então } Emoção(medo, '-', t, AgP_y, I) \end{aligned}$$

Estas regras são passíveis de serem modificadas pelo utilizador da simulação, que para além desta tarefa pode prover à sua validação, à atribuição de pesos, à definição de pré-condições para a sua activação e à estipulação de um limiar de activação. Deve-se ainda realçar que o valor do patamar de activação é definido por emoção e não pelo par emoção/agente, ou seja, o patamar de activação é igual para todos os agentes.

A influência das variáveis globais no cálculo da intensidade das emoções é difícil de estimar. No modelo que propomos seguimos a abordagem de Ana Bazzan (Bazzan et al., 2002), que define um conjunto de pesos para cada uma das condições que têm de ser verificadas para que a reacção emotiva seja despoletada.

A cada condição que faz parte de uma regra para a geração da emoção é atribuído um peso, no intervalo de 1 a 5. A intensidade da emoção é determinada de acordo com os pesos das condições, sendo que uma condição com peso 1 influencia pouco a geração da emoção, uma condição com peso 5 concorre bastante para a sua geração (Tabela 5.1).

Tabela 5.1 – Relação entre o peso da condição e o valor utilizado no cálculo da intensidade

Peso da condição	Valor correspondente
1	0.2
2	0.4
3	0.6
4	0.8
5	1
Se a condição for falsa	0

Considere-se, por exemplo, o caso em que a regra de geração contempla três pré-condições, nomeadamente uma que tem o peso 0.8, a que se segue uma segunda com o peso 0.2, tendo a terceira o peso 0.6. A intensidade com que se viverá essa emoção será de 1.6. Note-se que, o facto da emoção ter sido despoletada não significa que seja seleccionada, uma vez que as emoções geradas vão ser objecto de seriação com base no patamar de activação.

5.5.2 Selecção das emoções

Para uma seriação das emoções que fazem parte do nosso modelo, há que parametrizar o patamar de activação, o qual passa a tomar valores no intervalo entre [0,1].

Este componente do sistema é responsável pela selecção da emoção dominante, uma vez que de acordo com o modelo OCC, todas as emoções que satisfaçam as

respectivas pré-condições são geradas. No modelo que propomos, não existe o conceito de mistura de emoções no sentido estrito do termo, embora se possa considerar a sua existência num sentido mais lato, uma vez que vão interferir na determinação do estado de espírito do (agente) participante.

Seja $AgP_{iEmo}^t = \{(Emo_1, Int_1, Act_1), \dots, (Emo_n, Int_n, Act_n)\}$ o conjunto das n emoções geradas pelo (agente) participante AgP_i no instante de tempo t , sendo que $n \geq 0$, cuja intensidade é superior ao patamar de activação. Este conjunto é constituído por tuplos do tipo: (Emoção, Intensidade com que foi gerada, Patamar de activação).

A emoção seleccionada em cada instante é aquela que maximiza o diferencial entre a sua intensidade e o valor do patamar de activação. Seja Δ o conjunto composto por todos os diferenciais, ou seja:

$$\Delta = \{(Int_1 - Act_1), \dots, (Int_n - Act_n)\}$$

$$Emo_{AgP_i}^t = \{(Emo_j, Int_j, Act_j) : (Emo_j, Int_j, Act_j) \in AgP_{iEmo}^t, (Int_j - Act_j) = \max \Delta\}$$

No caso em que o conjunto $Emo_{AgP_i}^t$ é constituído por mais do que um elemento, ou seja, existem duas ou mais emoções com o mesmo diferencial, será seleccionada a que tiver um maior patamar de activação.

5.5.3 Decaimento das emoções

As emoções, tal como estudado no capítulo 2, têm uma curta duração, no entanto não desaparecem de uma forma instantânea. Existe um período, após a geração, em que a emoção decresce de intensidade até que se dissipa.

Na literatura são sugeridas diferentes vias para determinar o decaimento da intensidade das emoções (El-Nasr et al., 2000; Picard, 1997; Bui et al., 2002; Reilly e Bates, 1992). Neste trabalho ir-se-ão considerar três possibilidades:

- Linear (adaptado de (El-Nasr et al., 2000)): $I_{e_i}(t+1) = \alpha * I_{e_i}(t)$, onde $0.1 \leq \alpha \leq 0.5$, sendo α a taxa de decaimento;
- Exponencial (adaptado de (Picard, 1997)): $I_{e_i}(t) = I_{t_0} * e^{-b*(t-t_0)}$, onde t_0 denota o instante em que a emoção foi gerada e b é a taxa de decaimento;
- Constante: $I_{e_i}(t+1) = I_{e_i}(t)$, onde t é o instante em que a emoção foi gerada.

Nas situações em que o decaimento é aproximado por funções do tipo linear e/ou exponencial a emoção decresce de intensidade até que se dissipa (a função toma o valor de zero). No último caso a emoção mantém a intensidade inicial até que em determinado momento e de uma forma abrupta, desaparece (a função toma o valor zero). Como exemplo poder-se-á, referir a vivência de um estado de alma em que a esperança pontue.

A caracterização da função de decaimento por tipo de emoção permite modelar a celeridade com que as diferentes emoções decrescem.

5.5.4 Estado de espírito

O estado de espírito do (agente) participante é determinado tendo em conta as emoções que o agente sentiu no passado e a sua percepção do actual estado de espírito dos outros participantes e, conseqüentemente, do grupo. Na abordagem seguida para a realização deste trabalho, é considerada a figura de contágio emocional, descrita no capítulo 2.

À semelhança de outros trabalhos, no modelo que apresentamos são abordados três estados de espírito distintos: positivo, negativo e neutro.

O estado de espírito de um participante, em particular, é calculado de acordo com as produções:

$$K^+ = \sum_{i=t-n}^{t-1} I_i^+, K^- = \sum_{i=t-n}^{t-1} I_i^-$$

onde K^+ e K^- denotam o somatório da intensidade das emoções sentidas pelo (agente) participante no intervalo de tempo $[n \dots t]$, em que t denota o presente e $n \leq t$. Por outro lado há que atender a que só as emoções cuja intensidade se encontra acima do patamar de activação são consideradas. Porém, algumas destas podem não ter sido seleccionadas como dominantes, uma vez que em cada ronda da simulação apenas pode prevalecer uma emoção.

$$\begin{cases} \text{Se } K^+ \geq K^- + l, \text{ então o estado de espírito do (agente) participante é positivo} \\ \text{Se } K^- \geq K^+ + l, \text{ então o estado do (agente) participante de espírito é negativo} \\ \text{Se } |K^+ - K^-| < l, \text{ então o estado de espírito do (agente) participante é neutro} \end{cases}$$

O valor de l varia de acordo com o que o estado de espírito do grupo e com o possível estado de espírito do (agente) participante. Por exemplo, poder-se-ão ter os seguintes valores para l :

$$\begin{cases} l = 0.10, \text{ se estado de espírito do grupo é positivo e } K^- \geq K^+ \\ l = 0.10, \text{ se estado de espírito do grupo é negativo e } K^+ \geq K^- \\ l = 0.05, \text{ se estado de espírito do grupo é neutro} \\ l = 0.01, \text{ se estado de espírito do grupo é negativo e } K^- \geq K^+ \\ l = 0.01, \text{ se estado de espírito do grupo é positivo e } K^+ \geq K^- \end{cases}$$

Se, de acordo com o seu conhecimento, o (agente) participante entende que o estado de espírito do grupo é positivo, esse facto vai contribuir para que se mantenha nesse mesmo estado de espírito, dificultando a sua passagem a um estado de espírito alternativo.

5.6 Módulo de Decisão

O âmbito de aplicação para este modelo é o dos problemas multi-critério, já abordados na secção 3.8 desta tese. Nesse sentido, passamos a equacionar os problemas que nos propomos abordar, bem como os processos realizados para o estabelecimento de preferências por parte dos (agentes) participantes, enquanto agentes de decisão em regime de trabalho individual.

5.6.1 Caracterização do problema multi-critério

O modelo que apresentamos parte do pressuposto de que não existe informação incompleta ou imprecisa no conjunto das alternativas e critérios em análise. Seja $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ um conjunto enumerado de n alternativas, onde $n \geq 2$. Seja

$C = \{C_1, C_2, \dots, C_m\}$ um conjunto enumerado de m critérios, onde $m \geq 2$. A matriz de decisão, que representa o problema multi-critério, é composta por n alternativas e m critérios. Seja $D = [D_{ij}]_{n \times m}$, onde D_{ij} denota o valor da alternativa A_i no que diz respeito ao critério C_j , sendo que i toma os valores no conjunto $\{1, 2, \dots, n\}$ e j toma valores no conjunto $\{1, 2, \dots, m\}$.

Seja $Grupo_Sim_l = \{AgP_1, \dots, AgP_k\}$, onde k é o número de (agentes) participantes que fazem parte da simulação ($k \geq 2$). Cada (agente) participante tem definido um conjunto inicial de pesos para o conjunto dos critérios que definem o problema multi-critério. Seja $W_{AgP_x} = \{W_{C_1}, \dots, W_{C_m}\}$ o conjunto de pesos definido, pelo agente AgP_x

para cada um dos critérios, onde $\sum_{j=1}^m W_{C_j} = 1, W_{C_j} \geq 0$.

5.6.2 Algoritmo NAI (*Negotiable Alternatives Identifier*)

A caracterização do problema multi-critério permite que cada um dos (agentes) participantes envolvidos na simulação, possa estabelecer à partida as suas preferências individuais; para tal podem utilizar algoritmos elaborados, como por exemplo, o *Analytical Hierarchical Process* (AHP) (Saaty, 1990), ou uma simples função aditiva

(e.g., $f(A_i) = \sum_{j=1}^m C_j * W_{C_j}$, onde $f(A_i)$ denota a utilidade da alternativa A_i para o (agente)

participante e C_j e W_{C_j} denotam, respectivamente, o critério C_j e o peso que lhe está associado).

Tendo actuado de acordo com os procedimentos referidos em epígrafe, os agentes passam a deter na sua base de conhecimento uma ordenação das alternativas em discussão. Contudo, se estivermos a lidar com um número significativo de alternativas, poderá porventura ser difícil, para os agentes, justificar a sua preferência por uma em detrimento de outra, pela qual também têm uma forte propensão. Parece-nos, por conseguinte, vantajoso o agrupamento das alternativas em classes de preferências, o que poderá aumentar a probabilidade de se atingir um consenso, já que flexibiliza as posições do agente e permite identificar de forma célere e eficaz, as alternativas que são negociáveis para cada agente em particular.

As classes de preferências definidas são: Preferidas (*Pref*), Indiferentes (*Ind*) e Inadmissíveis (*Inad*). Para realizar esta distribuição em classes serão utilizadas as duas primeiras fases do algoritmo NAI (Bui e Yen, 1995; Yen e Bui, 1999). Este algoritmo propõe a criação das classes: mais preferidas, preferidas e menos preferidas. Optou-se por mudar a nomenclatura das classes por se achar que em muitas das situações de tomada de decisão em grupo há alternativas que para determinado (agente) participante são de facto classificadas como inadmissíveis e não menos preferidas.

O Algoritmo NAI (completo) pretende ser uma forma automática de alcançar consensos entre agentes de decisão (humanos). O algoritmo NAI é constituído por três fases distintas: expansão, contracção e intersecção. As duas primeiras são responsáveis pela distribuição das alternativas pelas três classes de preferências; a última efectua uma intersecção entre os conjuntos das classes mais preferidas de todos os (agentes) participantes no processo de tomada de decisão. No caso de alguma alternativa cair nessa classe de intersecção, essa passa a ser considerada a solução de consenso. No caso do modelo que estamos a propor só serão consideradas as duas primeiras fases, que são as responsáveis pela distribuição em classes, pois a fase seguinte no nosso modelo é realizada através da troca de argumentos.

Em seguida é ilustrado de forma sucinta o Algoritmo NAI modificado, que é aqui utilizado.

Fase 1: Operação de expansão

O objectivo desta fase é estabelecer as preferências individuais dos utilizadores e localizar possíveis áreas de consenso, ou seja, criar duas classes: admissíveis e inadmissíveis.

Os (agentes) participantes começam por ordenar as alternativas por ordem decrescente de utilidade, para tal utilizam uma função de utilidade simples que tem em conta o peso atribuído a cada um dos critérios. Supondo que o problema de decisão é composto por n alternativas, o resultado desta ordenação é armazenado num vector bidimensional que denominaremos de r , que contém n elementos, onde $r[i,1]$ denota a alternativa mais preferida e $r[i,2]$ denota o correspondente valor de utilidade. Por

uma questão de simplicidade, passaremos a referir $r[i]$ como o valor de utilidade da alternativa que está na posição i .

A subdivisão do vector r que contém as preferências do agente em duas classes, nomeadamente admissíveis e inadmissíveis, é obtida através do seguinte procedimento:

1. Normalização do vector das alternativas $r[i], i = 1, \dots, n$;
2. Determinação das preferências cumulativas que o (agente) participante detém pelas primeiras s alternativas $R(s) = \sum_{i=1}^s r[i], s = 1, \dots, n$;
3. Criação de $n-1$ subconjuntos de alternativas, onde o primeiro subconjunto é composto pelas duas primeiras alternativas, o segundo é composto pelas três primeiras alternativas e o último subconjunto, o subconjunto $n-1$, contém todas as alternativas;
4. Para cada subconjunto de j alternativas, calculo do índice estrutural de preferências $SI(j)$:

$$SI(j) = \left(\frac{1}{j}\right) \left(\frac{1}{j-1}\right) \sum_{k=1}^{j-1} M(k, j)$$

onde, $M(k, j) = \frac{\frac{R(k)}{k}}{\frac{R(j)-R(k)}{j-k}}$, sendo que $j = 2, \dots, n$ e $k = 1, \dots, j-1$;

5. O subconjunto que contém as admissíveis ($SI(n^*)$), é o que contém o SI mais baixo, $SI(n^*) = \min \{SI(j)\}$, onde n^* denota as primeiras n^* alternativas que formam o conjunto das admissíveis. Note-se que $2 \leq n^* \leq n$.

Repare-se que o índice estrutural de preferências de cada subconjunto ($SI(j)$) varia em função de j (número de alternativas) e da distribuição das preferências do agente $r[i], i = 1, \dots, n$. Em termos teóricos este valor pode variar entre $\frac{1}{j}$ (o que significa que o agente é indiferente a qualquer das alternativas) e ∞ , situação em que existe um total desequilíbrio entre as preferências do utilizador.

Como resultado deste processo (Fase 1) obtêm-se dois subconjuntos: o das alternativas admissíveis, constituído pelas primeiras n^* alternativas; e o das inadmissíveis, constituído pelas últimas $n - n^*$ alternativas.

Fase 2: Operação de contracção

Aqui o objectivo passa por subdividir a classe das admissíveis, constituída por n^* elementos, em duas subclasses: preferidas e indiferentes, de acordo com o seguinte algoritmo:

1. Criação de $n^* - 1$ subconjuntos de alternativas, mas agora em sentido inverso ao da fase anterior, ou seja, o primeiro subconjunto é composto por todas as alternativas com excepção da primeira, o segundo é composto por todas as alternativas com excepção das duas primeiras e o último subconjunto, o subconjunto $n^* - 1$, contém unicamente a alternativa n^* ;
2. Determinação da média aritmética do vector r ($\overline{r(i')}$) de cada um dos subconjuntos i' , onde $i' = 1, \dots, n^*$, correspondendo o valor $i' = 1$ ao primeiro dos subconjuntos definidos no passo número 1;
3. Para cada $i' = 1, \dots, n^* - 1$, calcular o índice do rácio de preferência, $C(i')$:

$$C(i') = \frac{r[i']}{\overline{r(i')}};$$

4. O subconjunto que contém as mais preferidas ($C(i^*)$), é o que contém o índice do rácio de preferência mais elevado, $C(i^*) = \max \{C(i')\}$, onde n^* denota as primeiras n^* alternativas que formam o conjunto das admissíveis. Note-se que $2 \leq n^* \leq n$.

Quando todos os $C(i')$ tomam o valor 1, tem-se que $i^* = n^*$, ou seja, as classe das preferidas e das indiferentes não são dissociáveis, pelo que se admite que todas são preferidas. No caso de isso não acontecer, a classe inicial das admissíveis é subdividida na nova classe das preferidas, constituída pelas i^* primeiras alternativas, sendo as restantes incluídas na classe das indiferentes.

O módulo de decisão permite ao agente estabelecer inicialmente as suas preferências individuais e dividir as alternativas em classes identificando, por exemplo, possíveis

pontos de negociação. As alternativas identificadas como pertencentes à classe *Pref* (i.e., preferidas) são adicionadas como alternativas a eleger à base de conhecimento do agente. As alternativas identificadas como pertencentes à classe *Inad* (i.e., inadmissíveis) são adicionadas como alternativas a não eleger à base de conhecimento do agente. O sistema argumentativo, que se apresenta na secção seguinte, em conjunto com as estratégias definidas para o agente, vai determinar o seu modo de actuação e formas de negociação.

5.7 Sistema de argumentação

As teorias com base na lógica matemática que suportam formas de raciocínio não monótono, como é o caso das apresentadas nas secções 4.3.2 e 4.3.4, têm uma perspectiva dialéctica da argumentação, isto é, centram-se na noção de vitória/derrota entre os argumentos, pelo que não se adequam à problemática da tomada de decisão em grupo pois, por exemplo, numa tomada de decisão um dos participantes pode até achar que determinado argumento o convenceu, mas por razões de ordem estritamente pessoal (e.g., inimizades) pode recusar determinada proposta.

Do estudo elaborado no âmbito do capítulo quarto, pode-se inferir que de uma troca de argumentos se possa justificar determinada opção e/ou influenciar os membros envolvidos no processo de tomada de decisão em grupo. Ainda no capítulo quarto foi também possível analisar a importância que a persuasão ocupa no cerne dos diálogos entre humanos. Nesse sentido, o modelo que propomos baseia-se na persuasão e é inspirado nos modelos propostos por Kraus e por Ramchurn. Os (agentes) participantes terão ao seu dispor os seguintes argumentos: ameaças, promessas e apelos, sendo que o sistema de argumentação que aqui descrevemos é responsável pelos mecanismos de geração, selecção e avaliação dos argumentos que trocam entre si.

5.7.1 Protocolo para a troca de argumentos entre agentes participantes

Ao longo da simulação de um processo de tomada de decisão em grupo, os (agentes) participantes vão trocar entre si argumentos e contra-argumentos com vista à escolha de uma alternativa como sendo a preferida do grupo. Nesta secção apresenta-se um protocolo bilateral de argumentação, ou seja, um protocolo que permite o diálogo entre dois (agentes) participantes.

Durante a fase em que a simulação está a decorrer os (agentes) participantes podem trocar entre si as mensagens: *pedir*, *pedir com argumento*, *aceitar*, *recusar*, ou seja:

Pedir ($AgP_i, AgP_j, \alpha, arg$) – Neste caso o (agente) participante AgP_i solicita ao agente AgP_j que assuma a acção α (presume-se que $\alpha \in AgP_iO$), sendo que o parâmetro arg pode denotar o conjunto vazio (i.e., um pedido sem argumento) ou pode conter um dos argumentos que serão especificados na secção seguinte. Deve-se ainda, ter em atenção que as acções que se estão a considerar prendem-se com a escolha da alternativa, ou seja, actos do tipo *eleger* ou *-eleger*.

Aceitar (AgP_j, AgP_i, α) – Neste caso o agente participante AgP_j informa o agente AgP_i que aceita realizar a acção α .

Recusar (AgP_j, AgP_i, α) – Neste caso o (agente) participante AgP_j informa o agente AgP_i que não aceita realizar a acção α .

Na Figura 5.10 é possível visualizar o protocolo de argumentação bilateral proposto. O agente inicia a ronda de argumentação com um pedido que pode ou não ser aceite. No caso em que o pedido é recusado, o agente pode enviar novo pedido, mas agora este é suportado por um argumento.

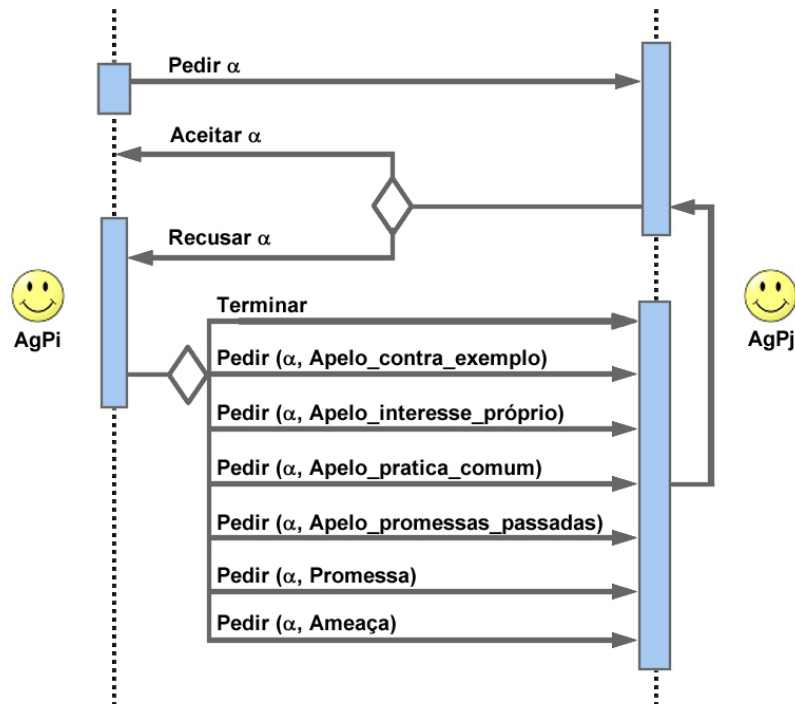


Figura 5.10 – Protocolo de argumentação

Deve ser realçado que este é o cenário mais simples possível, porque na realidade a tomada de decisão em grupo envolve sempre dois ou mais agentes e, no mesmo instante de tempo, em que o agente AgP_i está a tentar persuadir o agente AgP_j , este pode estar envolvido em outros diálogos com outros membros do grupo de decisão. Ou seja, no mesmo instante de tempo um determinado agente pode receber vários pedidos, o que implica que para além de avaliar um em particular em termos dos seus objectivos, o agente deve também ter em consideração os pedidos que recebeu de terceiros.

5.7.2 Selecção do agente a persuadir

Para se poder iniciar uma ronda de negociação, o agente deve primeiro identificar o seu parceiro, ou seja o agente que vai tentar persuadir a subscrever determinado objectivo como seu. O processo argumentativo, no modelo que propomos, é precedido de uma ronda de votação, ou seja, qualquer um dos (agentes) participantes conhece à partida as tendências de voto dos seus pares.

O (agente) participante ao proceder à selecção do seu oponente (i.e., parceiro no

diálogo) tem em consideração três aspectos: as suas próprias estratégias (dependentes do comportamento e dos objectivos), a tendência de preferências manifestada na última votação, e a qualidade de informação que tem sobre o perfil de cada um dos seus pares.

Seja AgP o agente que está a seleccionar o seu par

Seja Δ o conjunto de agentes que formam o grupo de agentes participantes (i.e. que participam na simulação) de onde se exclui o agente que está a iniciar a negociação (AgP)

Seja Res a lista que contém o resultado da última votação com elementos do tipo (Agente_id, Alt)

Seja Parceiro_ant a identidade do último agente com qual foi estabelecido um diálogo

Seja Parceiro a identificação do agente seleccionado

Seja L_parceiros a lista que contém a informação sobre a qualidade do perfil de cada um dos potenciais agentes a persuadir.

Início

Se
estratégia_comp_{AgP}(determinada) e Parceiro_ant $\neq \emptyset$ e \neg esgotou_arg(Parceiro_ant) então

Parceiro \leftarrow Parceiro_ant

Senão

Para cada AgP_j $\in \Delta$ fazer

L_parceiros \leftarrow L_parceiros \cup {Determina_qld_perfil(AgP_j,Q)}

Fim para

Oponente \leftarrow Retira_maior(L_parceiros)

Fim

Figura 5.11 – Algoritmo de selecção do agente a persuadir

5.7.3 Geração de argumentos

No modelo que propomos os argumentos a serem gerados são do tipo persuasivo. Nesta secção começamos por descrever e especificar os argumentos utilizados, após o que se apresenta o mecanismo para a sua geração.

Ameaças

As ameaças podem assumir dois formatos distintos:

- Deve realizar a acção α , porque senão eu faço φ ;
- Não deve realizar a acção α , porque senão eu faço φ .

O primeiro caso ocorre quando o agente AgP_i necessita que o agente AgP_j realize a acção α e este recusa. Então o agente AgP_i vai informar (ameaçar) o agente AgP_j de

que se não aceitar fazer α vai avançar com φ , que acredita ser prejudicial para os objectivos deste. Como possível exemplo, considere que:

Um determinado grupo profissional reivindica um aumento salarial de 4%, o que é recusado pela entidade patronal. Então esse mesmo grupo vai tentar persuadir a entidade patronal da bondade da sua reivindicação, informando-a de que se esse aumento não for aceite, entrarão em greve.

O segundo tipo de ameaças ocorre quando o agente AgP_j pretende fazer uma determinada acção α que não é aceitável para o seu par, o agente AgP_i . Nesse caso o agente AgP_i aborda o AgP_j ameaçando-o de que se insistir em realizar a acção α , então irá retaliar realizando a acção φ . Um exemplo deste tipo de ameaça (enquadrado no mesmo contexto do exemplo anterior), pode passar por:

Um determinado grupo profissional reivindica um aumento salarial de 4%. A entidade patronal informa-os de que não pode suportar esses custos e tenta persuadi-los, ameaçando-os que se insistirem no aumento terão de ser despedidos alguns funcionários.

No modelo que propomos os argumentos do tipo *ameaça* assumem a forma de um tripleto:

Ameaça (Justificação, Conclusão, Objectivo_ameaçado)

Promessas

À semelhança do que acontece com as ameaças, também as promessas podem assumir duas formas distintas:

- Se realizar a acção α , eu proponho fazer a acção φ ;
- Se não realizar a acção α , eu proponho fazer a acção φ .

Um exemplo elucidativo da utilização de uma promessa pode passar por:

Um determinado grupo profissional reivindica um aumento salarial de 4% o que é recusado pela entidade patronal. No momento seguinte esse mesmo grupo vai tentar persuadir a entidade patronal prometendo que se esse aumento for aceite, a produtividade dos empregados irá aumentar (uma vez que estes vão estar mais motivados).

Um exemplo do segundo tipo de promessas (enquadrado no mesmo contexto do exemplo anterior) poderá passar por:

Um determinado grupo profissional reivindica um aumento salarial de 4%. A entidade patronal informa-os de que não pode suportar esses custos, e tenta persuadi-los com a promessa de que se não insistirem no aumento, serão instituídos prémios de produtividade.

Um exemplo de uma promessa que caso seja aceite resulta numa dívida de gratidão, pode passar por:

O responsável por um projecto solicita aos seus pares que façam um esforço suplementar para cumprir a data de entrega, o que é recusado, pelo que o responsável vai tentar persuadir a equipa com o argumento de que se estes aceitarem o seu pedido irá ficar em dívida de gratidão para com eles.

No modelo que propomos os argumentos do tipo *promessa* assumem a forma de um triplete, dado na forma:

Promessa (Justificação, Conclusão, Objectivo prometido)

Apelo a contra exemplos

Neste caso, o (agente) participante elabora um pedido, pedido este que é suportado por um argumento que evidencia uma contradição entre o comportamento actual do agente e as suas acções passadas. Ou seja, o (agente) participante, que elabora nesta base, acredita que o seu parceiro de argumentação recusou o pedido inicial por este contrariar um dos seus objectivos pessoais, pelo que vai argumentar que no passado este acedeu a um pedido que também contrariava esses mesmos objectivos, o que poderá passar por:

O responsável por um projecto solicita que os membros do projecto façam um esforço suplementar para cumprir a data de entrega, o que é recusado pelos mesmos. Pelo que o responsável tenta persuadir a equipa com o argumento de que no passado ele efectuou o mesmo pedido e este foi aceite.

No modelo que propomos os argumentos do tipo *apelos a contra-exemplos* assumem a forma de um tuplo:

Apelo_contra_exemplo (Justificação, Conclusão)

Apelo ao interesse próprio

Com a utilização de um argumento do tipo *apelo ao interesse próprio*, o (agente) participante espera convencer o seu par de que realizar determinada acção é do seu interesse, o que pode passar por:

O responsável por um projecto solicita aos seus pares que façam um esforço suplementar para cumprir a data de entrega, o que é recusado, pelo que o responsável tenta persuadir a equipa com o argumento de que se o projecto for entregue na data correcta, todos os membros da equipa irão receber um bónus.

No modelo que propomos os argumentos do tipo *apelo ao interesse próprio* assumem a forma de um tuplo, dado por:

Apelo_interesse_proprio(Justificação, Conclusão)

Apelo a promessas passadas

Neste caso o (agente) participante que envia este tipo de argumento espera que o seu par realize a acção que lhe está a pedir, com base numa dívida de gratidão (resultado de uma promessa antiga), o que pode passar por:

Um elemento de uma equipa de projecto solicita ao seu responsável que o autorize a sair mais cedo, o que é recusado, pelo que o indivíduo tenta demovê-lo, alegando que, no passado, a pedido do responsável, trabalhou fora do horário para cumprir prazos de entrega apertados.

No modelo que propomos os argumentos do tipo *apelo a promessas passadas* assumem a forma de um tuplo, dado na forma:

Apelo_promessa_passada(Justificação, Conclusão)

Apelo a práticas comuns

Este argumento é muito semelhante ao do tipo apelo a um contra-exemplo, ou seja, o (agente) participante acredita que o seu parceiro recusou o pedido inicial por este contrariar um dos seus objectivos. Contudo, ao invés da construção do contra-exemplo se realizar a partir de acções protagonizadas pelo seu par, esta é realizada a partir do historial de terceiros, o que pode passar por:

O responsável por um projecto solicita a um dos seus pares que faça um esforço suplementar para cumprir a data de entrega, o que é recusado, pelo que o responsável tenta persuadi-lo com o argumento de que efectuou o mesmo pedido a outro indivíduo, num tempo diferente, e este foi aceite.

No modelo que propomos os argumentos do tipo *apelo a práticas comuns* assumem a forma de um tuplo, dado na forma:

Apelo_pratica_comum(Justificação, Conclusão)

5.7.4 Selecção de argumentos

No modelo proposto por Kraus a selecção do tipo de argumento, obedece a uma escala fixa, sendo que um diálogo se inicia sempre com a troca de argumentos mais fracos (apelos), até que culmina com a utilização do argumento mais forte, que é a ameaça. No modelo de Ramchurn é proposto que a selecção do tipo de argumento seja baseada na confiança que se tem do oponente, bem como na utilidade da proposta que se pretende defender. No modelo que aqui propomos, a selecção do tipo de argumento a enviar baseia-se no estado emocional do agente. Propomos a utilização de uma regra empírica deveras simples (Marreiros et al., 2006c):

- Se o agente está num estado de espírito positivo, então vai começar por ser brando com o seu oponente (i.e., envia um argumento que em princípio pode ser contestado);
- Se por outro lado o agente está num estado de espírito negativo, então vai argumentar sem contempações (i.e., serve-se de fortes argumentos).

Para definir o conceito de argumentos fracos e argumentos fortes, foi adoptada a escala proposta por Kraus (1998), embora com algumas alterações. Foram criadas

duas classes de argumentos, nomeadamente a classe dos mais fracos (i.e., apelos), a que se associa a classe dos mais fortes (i.e., promessas e ameaças). Dentro de cada classe a escolha é condicionada pela existência, no perfil do agente, de uma preferência no que diz respeito aos argumentos que mais facilmente subscreve. Caso essa preferência não exista dentro de cada classe, é seguida a ordem proposta por Kraus.

5.7.5 Avaliação de argumentos

Em cada ronda os (agentes) participantes podem receber pedidos dos seus pares, sendo certo que a maioria se revela incompatível quer entre si, quer no que diz respeito aos objectivos do próprio agente (e.g., na mesma ronda o agente AgP_i pode receber dois pedidos, um para escolher a alternativa A_i , um outro para escolher a alternativa A_j).

O (agente) participante reúne todos os argumentos recebidos e analisa-os com base em diversos factores, nomeadamente, a utilidade da proposta, a credibilidade do agente que elaborou a proposta (i.e., argumento) e a força do argumento. No caso de se tratar de um pedido sem argumento a aceitação do pedido é decidida unicamente a partir da utilidade da proposta (classe de preferência) para o próprio, da credibilidade do emissor da proposta e de uma das características do seu perfil, neste caso a benevolência.

Em seguida apresenta-se o algoritmo definido para o modo de actuação do (agente) participante AgP_i ao receber um conjunto de pedidos não fundamentados (i.e., aos quais não está associada qualquer fundamentação, aqui dada em termos de um argumento). Seja:

$$Ped'_{AgP_i} = \{pedido'_1(AgP, AgP_i, Acção), \dots, pedido'_n(AgP, AgP_i, Acção)\}$$

onde, AgP denota a identidade do agente que efectuou o pedido, n o número total de pedidos recebidos no instante de tempo t e $Acção$ o que se pretende que o agente concretize (e.g., votar numa dada alternativa).

Início

Se $\neg \text{perfil}_{AgP_i}(\text{benovolente})$ **então**

Para cada $\text{pedido}(\text{Emissor}, AgP_i, \text{Acção}) \in \text{Ped}_{AgP_i}^t$ **fazer**

recusar $(\text{Emissor}, AgP_i, \text{Acção})$

Fim para

Senão

Para cada $\text{pedido}(\text{Emissor}, AgP_i, \text{Acção}) \in \text{Ped}_{AgP_i}^t$ **fazer**

Se $AgPO_{AgP_i} \vdash \text{Acção}$ **então**

$\text{Pedidos} \leftarrow \text{Pedidos} \cup \text{pedido}(\text{Emissor}, AgP_i, \text{Acção})$

Senão

recusar $(\text{Emissor}, AgP_i, \text{Acção})$

Fim para

$(AgP, \text{Acção_pedida}) \leftarrow \text{selecciona_mais_credivel}(\text{Pedidos})$

Para cada $\text{pedido}(\text{Emissor}, AgP_i, \text{Acção}) \in \text{Pedidos}$ **fazer**

Se $(\text{Emissor}=AgP \text{ ou } \text{Acção_pedida}=\text{Acção})$ **então**

aceitar $(\text{Emissor}, AgP_i, \text{Acção})$

Senão

recusar $(\text{Emissor}, AgP_i, \text{Acção})$

Fim para

Fim

Figura 5.12 – Algoritmo de avaliação de pedidos não formalmente fundamentados (i.e. não são suportados por um argumento)

A Figura 5.12 corporiza o algoritmo de avaliação de pedidos não formalmente fundamentados que o agente utiliza para decidir quais dos pedidos aceita e quais recusa. Em síntese, se o agente que recebe os pedidos é um agente do tipo não benevolente, então todos os pedidos vão ser recusados. Se o agente é do tipo benevolente e as acções que lhe forem requeridas fizerem parte do seu rol de objectivos, este vai aceitar o pedido do agente que for mais credível, por análise do predicado *selecciona_mais_credivel*, e de acordo com o conhecimento existente na base de conhecimento *AgPPO* (esta base de conhecimento contém informação sobre as crenças que o agente tem sobre o perfil dos outros membros da comunidade de (agentes) participantes).

Em cada ronda negocial, tal como vimos anteriormente, o agente pode receber vários pedidos agora fundamentados, pelo que é necessário estabelecer o procedimento de avaliação dos mesmos, tendo em atenção que os diferentes pedidos que o agente recebe podem ser contraditórios.

Para estabelecer o peso associado a cada tipo de argumento, utilizou-se uma adaptação da escala pré-definida de Kraus. Como já foi referido anteriormente, os

argumentos foram agrupados em duas classes, nomeadamente a dos mais fracos e a dos mais fortes. Na Tabela 5.2 é possível visualizar a relação estabelecida entre o tipo de argumento e o valor que lhe foi atribuído internamente (note-se que se tratam de valores atribuídos de forma empírica), sendo que este valor pontua no intervalo [0.15,1].

Tabela 5.2 – Relação entre o tipo de argumento e a sua força potencial

Classe dos Argumentos	Tipo de argumento	Valor
Fracos	Os apelos a práticas comuns	0.15
	Os apelos a contra-exemplos	0.3
	Os apelos a promessas passadas	0.45
	Os apelos aos interesses do oponente	0.6
Fortes	As promessas de uma recompensa futura	0.8
	As ameaças	1

Na Figura 5.13 é possível visualizar o algoritmo que rege o comportamento dos agentes no que diz respeito à avaliação de pedidos com uma fundamentação.

Início

Se estratégia_objectivo(preferida) então

Para cada pedido(Emissor, AgP_i, Acção, Arg) ∈ Ped^t_{AgP_i} fazer

Se AgPO_{AgP_i} ⊢ Acção então

Pedidos_Avaliar ← Pedidos_Avaliar ∪ pedido(Emissor, AgP_i, Acção, Arg)

Senão

Pedidos_Recusar ← Pedidos_Recusar ∪ pedido(Emissor, AgP_i, Acção, Arg)

Fim se

Fim para

Senão

Para cada pedido(Emissor, AgP_i, Acção, Arg) ∈ Ped^t_{AgP_i} fazer

Se AgPO_{AgP_i} ⊢ ¬Acção então

Pedidos_Recusar ← Pedidos_Recusar ∪ pedido(Emissor, AgP_i, Acção, Arg)

Senão

Pedidos_Avaliar ← Pedidos_Avaliar ∪ pedido(Emissor, AgP_i, Acção, Arg)

Fim se

Fim para

Fim se

(AgP, Acção _pedida) ← Avalia_ped_args(Pedidos_Avaliar)

Para cada pedido(Emissor, AgP_i, Acção, Arg) ∈ Pedidos _ Avaliar fazer

Se (Emissor=AgP ou Acção _pedida=Acção) então

aceitar (Emissor, AgP_i, Acção)

Senão

recusar (Emissor, AgP_i, Acção)

Fim se

Fim para

Para cada pedido(Emissor, AgP_i, Acção, Arg) ∈ Pedidos _ Recusar fazer

recusar (Emissor, AgP_i, Acção)

Fim para

Fim

Figura 5.13 – Algoritmo de avaliação de pedidos com argumento

De acordo com o exposto (Figura 5.13) se o (agente) participante subscreve uma estratégia em que o objectivo é defender a classe das alternativas preferidas, o (agente) participante irá recusar todos os pedidos que se encontrem fora desta classe, sendo que todos outros serão avaliados. Se o agente está a utilizar uma estratégia em que o objectivo passa por evitar que qualquer alternativa da classe das inaceitáveis seja a eleita, então todos os pedidos para eleger alternativas na classe das alternativas inaceitáveis serão recusados, sendo os restantes sujeitos a avaliação. Note-se que se o agente estiver a implementar um comportamento dependente do tempo, numa mesma simulação podem ocorrer mudanças de estratégia dependentes do objectivo.

Da análise do algoritmo constante da Figura 5.13, decorre que há que detalhar o procedimento *Avalia_ped_args(Pedidos_Avaliar)*, que é o responsável pela

avaliação, a que se associa uma justificação (i.e., um ou mais argumentos), de todos os pedidos com argumento. Esta argumentação é quantificável, tomando valores no intervalo $[0, 1]$, obedecendo aos seguintes critérios:

- Força potencial do argumento: $Força(arg)$;
- Credibilidade do proponente do argumento dado à avaliação: $Credibilidade_{AgP_j}^t$;
- Existência ou não de algum tipo de preferência no que respeita ao argumento em avaliação, em que $Pref_{AgP_i}^t(arg)=0.1$ para os argumentos menos preferidos, $Pref_{AgP_i}^t(arg)=1$ para os argumentos mais preferidos e $Pref_{AgP_i}^t(arg)=0.5$ para todos os restantes);
- Qualidade da informação que detém sobre a credibilidade do proponente da proposta: $Q_{Credibilidade}^t(AgP_j)$;
- Factor de convencimento do argumento, o qual denota se para o agente o argumento é ou não válido (e.g., no caso de um apelo a uma promessa passada indica se a promessa realmente existe ou não). Tem-se então que $FConv(arg)=0$ no caso de o argumento não ser válido e $FConv(arg)=1$ no caso de o argumento ser válido.

Na base do procedimento $Avalia_ped_args_{AgP_i}^t(Pedidos_Avaliar)$ está a função $Avalia_args_{AgP_i}^t(arg)$, que conjuga os critérios acima referidos de forma a permitir a avaliação dos argumentos incluídos em cada um dos pedidos considerados para avaliação. O procedimento $Avalia_ped_args_{AgP_i}^t(Pedidos_Avaliar)$ tem como objectivo identificar o pedido que tem como resultado o máximo para a função $Avalia_args_{AgP_i}^t(arg)$, que no que se segue será objecto de análise, e que toma a forma:

$$Avalia_args_{AgP_i}^t(arg) = Força(arg) * Credibilidade_{AgP_j}^t * Pref_{AgP_i}^t(arg) * Q_{AgP_i}^t(perfil_{AgP_j}) * FConv(arg)$$

No caso de o agente que está a avaliar os pedidos (i.e., AgP_i), não deter informação sobre a credibilidade do proponente do pedido (i.e., AgP_j), este critério bem como o que diz respeito à qualidade da informação detida sobre a credibilidade não são

considerados na função de avaliação, passando esta a ser definida da seguinte forma:

$$Avalia_args_{AgP_i}^t(arg) = Força(arg) * Pref_{AgP_i}^t(arg) * FConv(arg)$$

Deve ser realçado que no modelo que aqui propomos, os argumentos do mesmo tipo têm todos potencialmente a mesma força, no entanto, a utilização dos critérios anteriormente referidos (i.e., credibilidade, preferência do agente por determinado tipo de argumento, qualidade da informação detida sobre a credibilidade do proponente do argumento e a validade ou não do argumento recebido) permite que o agente avalie de forma mais coerente os diferentes pedidos recebidos. O princípio que está subjacente à não consideração do critério credibilidade numa primeira interacção prende-se com a necessidade de acolher de forma “neutra” novos agentes na comunidade e a vantagem que estes possam ter face a agentes que já interagiram facilmente se dilui. No entanto, parece-nos relevante, pelo menos em termos de trabalho futuro, colmatar este facto com a inclusão da reputação dos agentes na função de avaliação dos argumentos recebidos.

5.8 Conclusão

Neste capítulo, apresentou-se uma possível configuração de um protótipo de um simulador de processos de tomada de decisão em grupo, utilizando uma abordagem Multiagente. Após a identificação da fase do processo de decisão em que se pretendia intervir, a fase de escolha, argumentação e/ou negociação, foram identificadas as diferentes entidades que vão interagir no decorrer do processo de simulação. Foi também apresentado um protocolo de tomada de decisão em grupo, aqui especificado, que rege de modo genérico as interacções entre os (agentes) participantes.

Relativamente aos (agentes) participantes, pelo papel central que desempenham no simulador, foi-lhes dado especial destaque, tendo sido proposto um arquétipo para a sua construção e detalhado o seu comportamento.

Como se pode constatar, a informação que os agentes detêm acerca do seu universo de discurso é por vezes dotada de imprecisão, pelo que no arquétipo considerado para os (agentes) participantes foi proposta uma metodologia para a representação de informação incompleta e imprecisa, bem como uma métrica para a quantificação da qualidade dessa mesma informação.

Foi também apresentado um modelo para a incorporação da componente emocional nos processos de raciocínio dos agentes, para além de ter sido enunciado um sistema de argumentação, que é responsável pela geração, selecção e avaliação dos mesmos.

No próximo capítulo serão detalhados aspectos relacionados com a implementação do modelo aqui proposto, bem como será apresentado um caso de estudo no âmbito da tomada de decisão em grupo, que será tratado pelo simulador.

CAPÍTULO 6

IMPLEMENTAÇÃO E AVALIAÇÃO

All human actions have one or more of these seven causes: chance, nature, compulsion, habit, reason, passion, and desire.

ARISTOTLE

No capítulo anterior foi proposto um arquétipo para um Sistema Multiagente capaz de suportar a modelação dos processos de tomada de decisão em grupo, onde os agentes de software desempenham o papel dos decisores numa tomada de decisão em grupo. Ultimada a especificação do modelo, será aqui apresentado o simulador desenvolvido, bem como serão descritos alguns dos detalhes de implementação. São ainda reportados e analisados alguns resultados obtidos no contexto dos problemas de decisão multi-critério.

6.1 Introdução

Factores como a complexidade das organizações, a globalização, a internacionalização dos mercados e os limites individuais das entidades envolvidas, colocam pressão sobre os processos de tomada de decisão. Actualmente tomar uma decisão implica quase sempre a consideração de vários pontos de vista, pelo que cada vez mais a responsabilidade da tomada de decisão é atribuída a grupos, sejam estes formais ou informais. Nas reuniões de tomada de decisão em grupo os seus membros trocam ideias, envolvem-se na troca de argumentos, negociam, cooperam e/ou colaboram, onde não raras vezes a componente emocional assume um papel tão importante como a racional.

O simulador que aqui se descreve foi desenvolvido com o intuito de modelar as interacções entre as diferentes entidades que populam as reuniões em que se tomam decisões, com particular destaque para os (agentes) participantes.

As entidades envolvidas na tomada de decisão (i.e., facilitador e membros do grupo de decisão) são entidades independentes com objectivos e comportamentos próprios, pelo que o recurso aos Sistemas Multiagente e à metodologia de resolução de problemas que estes corporizam se revela adequada à construção da arquitectura do simulador. As diferentes entidades que habitam o simulador são representadas por agentes que as modelam, sendo que o papel principal é representado pelos (agentes) participantes que modelam os decisores humanos no processo de tomada de decisão em grupo. O arquétipo do agente participante foi construído de forma a dotá-lo de capacidades argumentativas e vivências emocionais, esperando-se desta forma conseguir uma melhor representação da realidade.

As secções seguintes descrevem, em pormenor, as características do simulador, assim como alguns aspectos relacionados com a sua implementação. São ainda apresentados exemplos que permitem avaliar o desempenho do sistema, quer em termos da metodologia de resolução de problemas proposta, com base no comportamento dos (agentes) participantes, o que varia de acordo com o perfil que lhes foi atribuído, bem como com as estratégias que subscrevem para guiar o seu modo de funcionamento.

6.2 Características

Um dos principais objectivos a atingir com o simulador é o de ser uma ferramenta útil para que os decisores possam testar diferentes estratégias de argumentação, assim como potenciar uma melhoria do seu desempenho em situações reais de tomada de decisão em grupo.

A flexibilidade do simulador é também uma característica a ter em consideração. O utilizador tem toda a liberdade na definição dos cenários a simular: indica o número e características dos (agentes) participantes, selecciona as estratégias de argumentação a utilizar, define as regras de decisão, configura o problema multi-critério bem como define as preferências iniciais dos agentes. Após a simulação o utilizador poderá analisar o resultado da reunião, verificando se existiu ou não consenso, quais foram as características dos agentes que foram modificadas no decurso do processo, os argumentos mais utilizados pelos agentes e as suas taxas de aceitação. O mesmo cenário pode ser analisado uma ou mais vezes. Deste modo pode-se estudar o mesmo cenário, porém alterando as características ou comportamento de um ou mais agentes participantes, de modo a ter-se uma medida do seu desempenho. Por exemplo, pode-se ter um cenário em que numa primeira passagem não se utiliza a componente emocional, ou seja, a selecção dos argumentos é efectuada de acordo com a ordenação proposta por Kraus (Kraus, 1998) e, numa simulação posterior já se considera a componente emocional, ou seja, a selecção dos argumentos é realizada de acordo com o estado de espírito dos agentes. O utilizador poderá ainda efectuar outros estudos de modo a concluir quais as alternativas que poderá apoiar e que têm viabilidade de sucesso, e quais as estratégias de argumentação mais adequadas para o efeito.

6.3 Implementação

O simulador que aqui se descreve foi implementado nas linguagens de programação Java (Java, URL) e Prolog (Prolog, URL), e a plataforma de suporte ao desenvolvimento de agentes foi a *Open Agent Architecture* (OAA), já referida na secção 2.2.4.2. A linguagem de comunicação utilizada pelos agentes é a linguagem *Interagent Communication Language* (ICL), já abordada na secção 2.2.4.1.

A escolha da linguagem Java deveu-se ao facto de ser uma linguagem orientada ao

objecto, independente do Sistema Operativo tal como a plataforma OAA, com bons ambientes de desenvolvimento e uma comunidade muito grande de programadores. Com excepção dos agentes participantes, todos foram escritos em Java. O motivo subjacente à utilização do Prolog para criar os agentes participantes prende-se com a especificação que fizemos desses mesmos agentes, e que se encontra mais próxima das linguagens de programação em lógica, como a Programação em Lógica Estendida. O ambiente de desenvolvimento utilizado foi o Eclipse (Eclipse, URL).

6.3.1 Plataforma de desenvolvimento de agentes

A plataforma de desenvolvimento de agentes OAA foi a seleccionada para o trabalho que aqui descrevemos, entre outros motivos, pelo facto de suportar e facilitar a gestão da comunicação entre agentes. Um outro aspecto que foi determinante foi o facto de esta permitir a escrita dos agentes em diferentes linguagens de programação e sua execução em diferentes plataformas. Por outro lado, é muito simples adicionar e/ou substituir dinamicamente os agentes.

A plataforma OAA é responsável por gerir todo o processo de troca de mensagens entre os diversos agentes a operar no sistema.

O componente central da plataforma é o agente facilitador, sendo que qualquer agente presente no sistema é obrigado a registar-se junto do mesmo. O facilitador armazena informação relativa a todos os agentes do sistema, incluindo a sua identidade e localização (na rede de comunicações), bem como informação sobre o seu perfil. Assim, o agente facilitador apresentará as seguintes competências:

- Procede à identificação e registo de todos os agentes que participam na simulação do processo de tomada de decisão;
- Auxilia o utilizador na construção de cenários para a simulação;
- Procede à constituição dos grupos, tendo por base o perfil dos agentes e os requisitos do utilizador;
- Monitoriza a simulação, assegurando-se de que esta decorre de acordo com as regras estabelecidas.

A plataforma OAA não é de raiz vocacionada para ambientes de simulação, pelo que lhe foram adicionados alguns mecanismos com vista a uma adaptação a esta problemática, sendo, nomeadamente, adicionados mecanismos de controlo de tempo. Para tal, foi introduzida uma nova entidade, a entidade relógio (*AgtClock*). A entidade relógio é responsável por implementar e controlar o mecanismo de evolução temporal das simulações. Informa o agente facilitador sobre o instante de tempo em que ocorreu o início e fim de uma dada simulação, bem como o estado em que se encontra a simulação.

Constituição de um agente

Os agentes são construídos na base de um conjunto de serviços que disponibilizam a terceiros. Estes serviços podem também ser chamados de capacidades ou “*solvable*”, que é o nome técnico utilizado na aplicação e na plataforma OAA.

Os agentes subscrevem um conjunto de “*solvable*”, que denotam as operações que são capazes de realizar. Os “*solvable*” podem ser considerados tarefas que os agentes realizam mediante um pedido difundido para a comunidade de agentes, podendo tomar a forma:

Pedido(solvable, parâmetros, respostas)

Os pedidos podem ser feitos no seio da comunidade de agentes (i.e., feitos entre agentes), ou externamente (i.e., da componente interface para a comunidade de agentes).

No pedido, a variável “*solvable*” é a variável que vai ter o “*solvable*” (i.e., capacidade) que vai ser requisitado à comunidade de agentes. Os agentes que realizarem este “*solvable*” vão responder com uma tarefa ou acção que pode ou não implicar uma resposta. A variável “*parâmetros*” é uma lista que vai conter os parâmetros do pedido. Pode ser considerada como um filtro, i.e., o pedido é apenas enviado para os agentes constantes da lista de parâmetros. Por último, a variável “*respostas*” denota as respostas, do agente ou agentes que realizaram o “*solvable*” requisitado, e queiram enviar alguma resposta ou resultado a quem fez o pedido.

Para criarmos um agente na comunidade de agentes necessitamos de definir os “*solvable*” do agente e adicioná-los a uma lista de “*solvable*”. O agente após definir

os “*solvable*s” deve-se registar no facilitador do OAA, de modo a torná-los públicos para a comunidade.

As actividades de cada agente, assim como as comunicações entre os agentes, são estruturadas à volta da transmissão e manuseamento de eventos, escritos na linguagem ICL.

A Figura 6.1 dá a conhecer o tipo e a forma das mensagens trocadas entre os diferentes agentes que fazem parte do simulador.

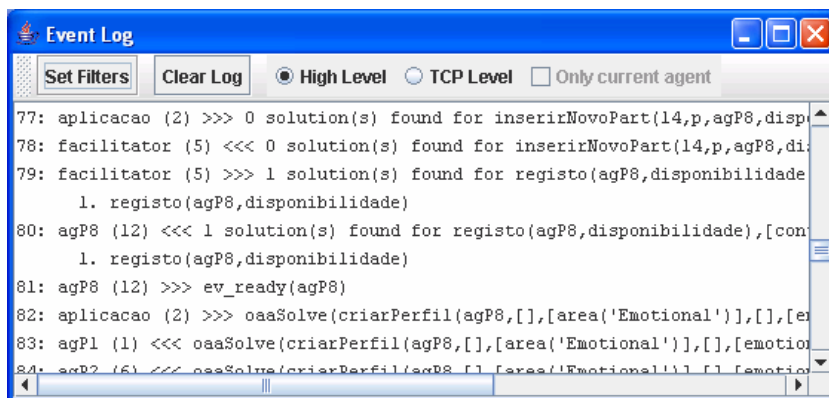


Figura 6.1 – Tipo e formato das mensagens trocadas entre os agentes

Tal como se depreende da figura, não é obrigatório que todos os pedidos e serviços passem pelo agente facilitador; há suporte, na biblioteca de agentes, para pedidos endereçados e comunicações ponto a ponto.

Registo dos agentes participantes

Tal como foi visto anteriormente, todos os agentes necessitam de se registar junto do agente facilitador indicando a sua identidade, localização (na rede de comunicações) e as suas capacidades.

Apresentam-se, em seguida, os passos necessários ao desenvolvimento de agentes OAA em Java, o que se ilustra com a criação do agente votação, e que é dado na forma:

- Iniciar as comunicações com o facilitador através do procedimento *comConnect*:

```

LibOaa myoaa = new LibOaa(new LibCom(new LibComTcpProtocol(),
libComString));

//Ligação ao facilitador
  
```

```

if(!myoaa.getComLib().comConnect("parent",new IclStruct("tcp",new
IclStr("corax"),new IclInt(3378)),IclList)IclTerm.fromString(true,"[]"))
    System.out.println("Connection failed");
else
    System.out.println("Conection OK!");

```

- Definir os serviços disponibilizados pelo agente (i.e., os “*solvable*”):

```

// Definição do serviço "inicio de simulação"

cSolvable= "[inicio_sim(NomeSim,Aprov,MaxVota,NumPart,LstPart)]";

```

- Registrar o agente junto do facilitador através do procedimento *oaaRegister*:

```

//Registo do agente, nome e solvables, no facilitador

if(!myoaa.oaaRegister("parent",agentName,IclTerm.fromString(true,
cSolvable),(IclList)IclTerm.fromString(true,"[]"))
    System.out.println("Register Failed ");
else
    System.out.println("Register OK!");

```

- Associar procedimentos aos serviços disponibilizados:

```

//Indica que o agente está pronto para responder a pedidos

myoaa.oaaReady(true);

//O agente fica em vigília a aguardar os pedidos

myoaa.oaaRegisterCallback("oaa_AppDoEvent",new OAAEventListener(){
    public boolean doOAAEvent(IclTerm goal, IclList params, IclList
answers){
        return oaaDoEventCallback(goal, params, answers);}
});

//Análise dos pedidos recebidos

public boolean oaaDoEventCallback(IclTerm goal, IclList params, IclList
answers){
    if (goal.toIdentifyingString().toString().equals("infoPeriodo"))
    {
        /*recebe a informação sobre o periodo da simulação*/
        String cNomeSim;
        String cAprov;
        int iNumPart;
        int iMaxVota;
        IclList tmpanswers=new IclList();
        IclList tmpparams=new IclList();
        tmpanswers.clearTerms();
        cNomeSim=((IclStr)goal.getTerm(0)).toUnquotedString();
        super.myoaa.oaaSolve(IclTerm.fromString(true,"regrasdecisao("+
(new IclStr(cNomeSim)).getForcedQuoted(true)+")"), tmpparams,
tmpanswers);
        iNumPart=((IclInt)tmpanswers.getTerm(0).getTerm(0)).toInt();
        iMaxVota=((IclInt)tmpanswers.getTerm(0).getTerm(1)).toInt();
        cAprov=tmpanswers.getTerm(0).getTerm(2).toString();
        Verifica_enviaOrdemVota(cNomeSim,cAprov,iNumPart,iMaxVota);
    }
}

```

Os agentes participantes foram, como já referimos, criados em Prolog; os passos necessários à sua criação são análogos aos descritos no exemplo anterior, ou seja:

- Definição das capacidades dos agentes participantes, ligação e registo ao facilitador:

```
runtime_entry(start(Nome)) :- start(Nome).

initial_solvables([votacao(A,NomeSim,AltEscolhida,Ut),
argumentar(N,NSim,Li,LD,NA), responder(NSIM,N,NA)]).

start(Nome):-
    % Ligação ao facilitador
    initial_solvables(S),
    com_Connect(parent, [], _CInfo, ActualCInfo),
    format('Connected to ~p.~n',[_CInfo]),
    %Registo efectuado junto do facilitador e indicação dos solvables
    oaa_RegisterCallback(app_do_event, user:oaa_AppDoEvent),
    oaa_Register(parent, Nome, S, []),
    %Indicação de que está pronto para responder a solicitações
    oaa_Ready(true),
    assert(nome(Nome)),
    format('pronto',[]),
    app_init(Nome),
    oaa_MainLoop(false).
```

- Associar procedimentos aos serviços disponibilizados:

```
%Recebe um pedido de votação

oaa_AppDoEvent(votacao(A,NomeSim,AltEscolhida,C),_GoalParams):-
    nome(A),
    preferencia(NomeSim,AltEscolhida,C).
```

Deve ser realçado que no código anterior apenas foram consideradas algumas das funcionalidades subscritas pelos agentes participantes.

6.3.2 Modelo da aplicação

Em aplicações distribuídas, em que a metodologia de resolução de problemas se baseia no conceito de agente, existem dois modelos, a partir dos quais é possível desenvolver uma aplicação: modelo independente e modelo dependente (Figura 6.2).

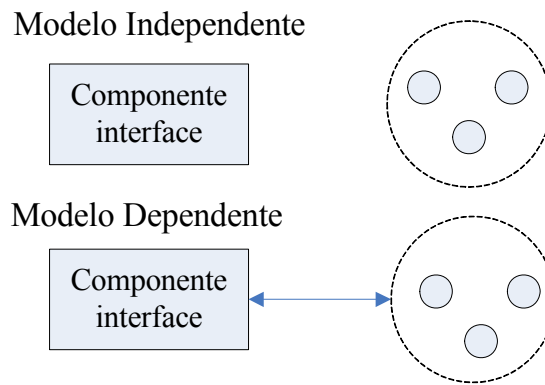


Figura 6.2 – Modelos de desenvolvimento

O modelo independente não utiliza nenhum agente interface entre a componente de interface e a comunidade de agentes, enquanto que o modelo dependente utiliza um ou mais agentes de interface. O modelo independente aplica-se essencialmente a aplicações simples, onde a pró-actividade dos agentes é baixa. Por outro lado, o modelo dependente aplica-se a aplicações de grandes dimensões, onde a comunicação é feita nos dois sentidos.

O simulador que aqui descrevemos foi desenvolvido com base no modelo dependente com um agente interface. A aplicação está dividida em duas componentes (Figura 6.3), sendo que uma é a comunidade de agentes e outra é a interface. A componente de interface é aquela que é visível ao utilizador, constituída por janelas interligadas com que o utilizador interage. A outra componente é a comunidade de agentes, que tal como o nome indica é constituída por todos os agentes (note-se que aqui estamos a referir-mo-nos a todos os agente e não unicamente à comunidade de agentes participantes). Estas duas componentes encontram-se ligadas pela classe *App* e pelo agente *AgtApp*. Todos os resultados da interacção do utilizador com a aplicação que resultem em pedidos à comunidade de agentes têm obrigatoriamente de passar pelo agente *AgtApp*. Os pedidos nunca são feitos directamente de uma componente para a outra, têm sempre de passar pelo *AgtApp*, quer seja do lado da componente interface para a comunidade de agentes ou vice-versa.

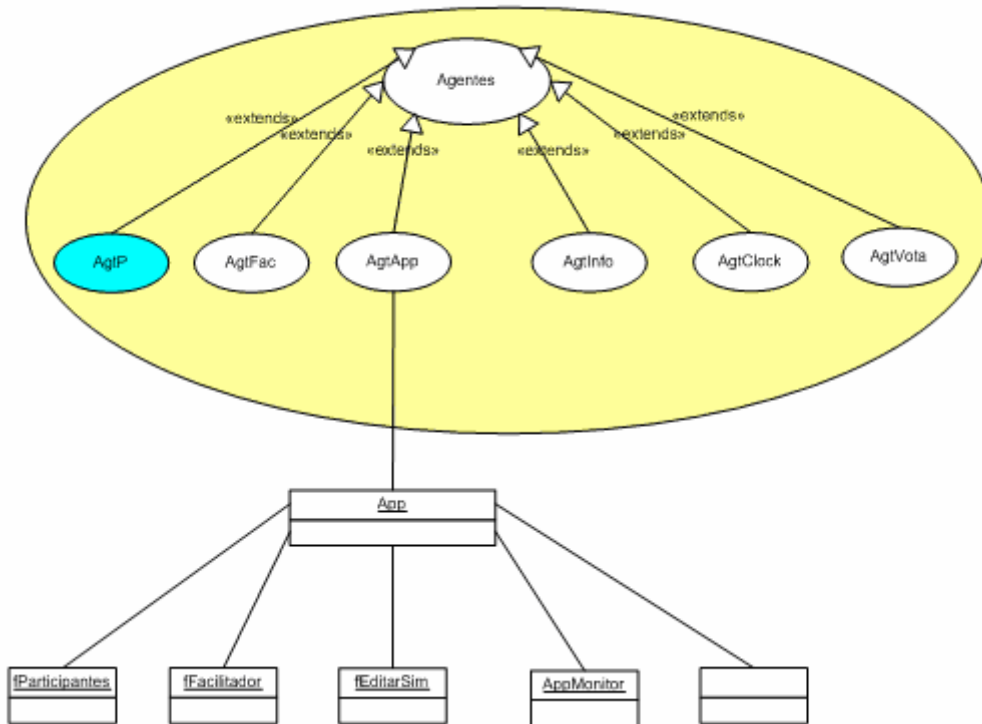


Figura 6.3 – Modelo da aplicação

O papel do agente *AgtApp* na comunidade de agentes é o de servir de ligação com a componente de interface (e.g., se em determinada altura se procurar saber quais os agentes que formam a comunidade de agentes participantes, é necessário enviar um pedido, através do agente *AgtApp*, para a comunidade de agentes).

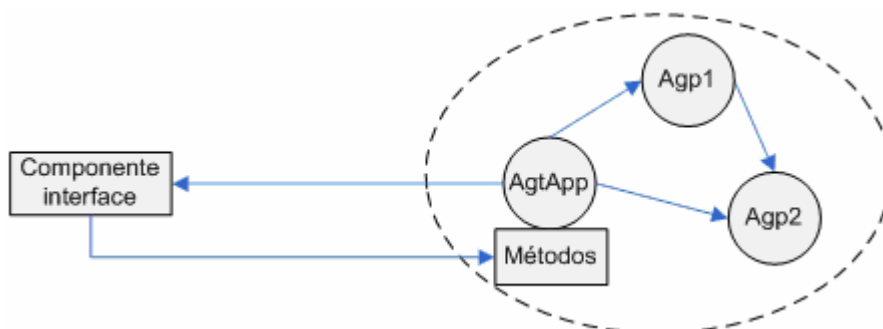


Figura 6.4 – Agente AgtApp

O agente *AgtApp*, ao contrário dos outros agentes, é um agente residente da componente interface. Para a componente interface *AgtApp* não é um agente, mas sim um objecto a partir do qual invoca métodos para efectuar pedidos à comunidade de

agentes (figura 6.4). Já do lado da comunidade de agentes é tratado como qualquer outro agente.

6.3.3 Simulador

O simulador desenvolvido é flexível, no sentido em que é o utilizador que configura o cenário que pretende simular. A simulação é realizada com base nos parâmetros introduzidos pelo utilizador, que define as regras da simulação e o perfil dos agentes participantes a incluir na simulação, bem como as estratégias utilizadas pelos mesmos.

O utilizador pode construir simulações de raiz, ou seleccionar uma já existente e proceder à formação de um novo grupo de trabalho para essa mesma simulação. A título ilustrativo, apresentam-se nas figuras seguintes os passos necessários para proceder à configuração de uma simulação. Convém referir que a linguagem utilizada na interface desenvolvida é o inglês, o que facilita a comunicação entre pares.

Na Figura 6.5 é dado o ecrã a partir do qual é possível entrar na aplicação o que nos permite criar novas simulações, formar grupos de trabalho, editar ou remover simulações, adicionar novos agentes participantes ao simulador, visualizar as mensagens trocadas entre os agentes (tabulador *output*) e aceder ao monitor (interface que permite visualizar graficamente os agentes do simulador, bem como as mensagens de baixo nível trocadas entre estes).

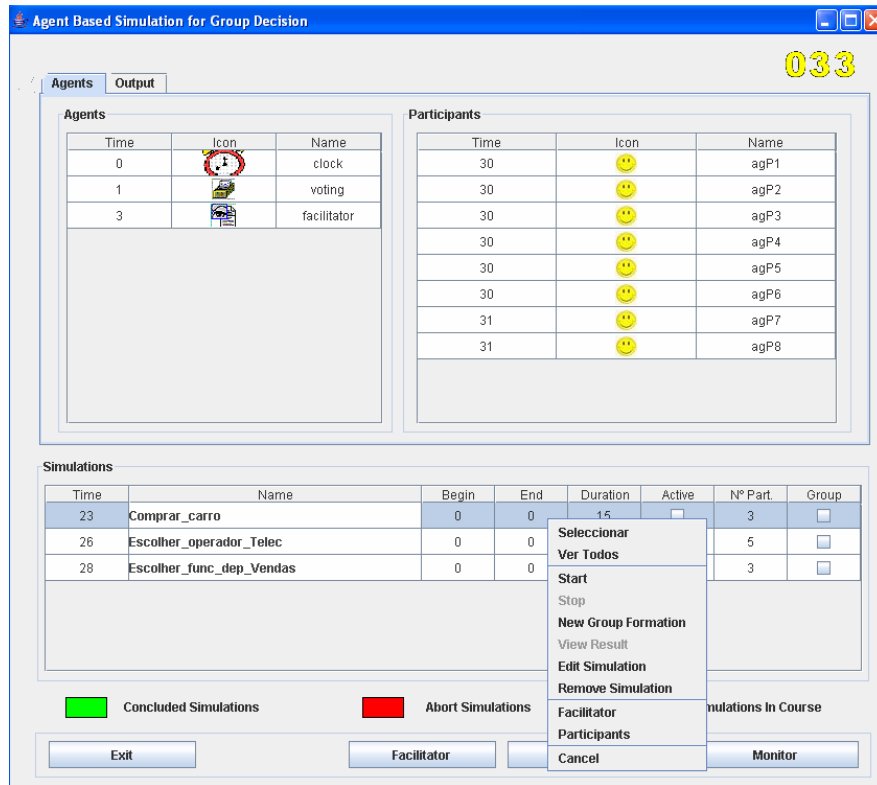


Figura 6.5 – Ecrã principal do simulador

Na Figura 6.6 visualiza-se o ecrã que permite a configuração de uma nova reunião, através da configuração de parâmetros relacionados com as regras de decisão e, posteriormente, através da configuração do problema multi-critério.

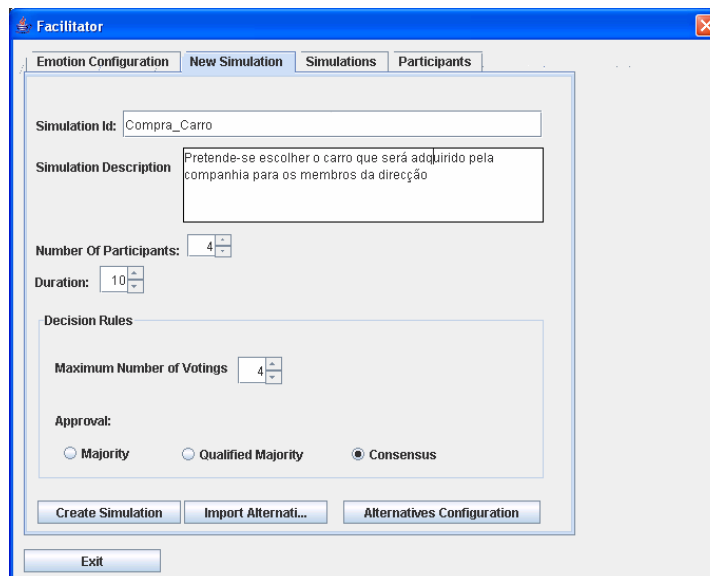


Figura 6.6 – Configuração de uma simulação

A Figura 6.7 apresenta o ecrã onde se podem adicionar novos agentes participantes ao simulador. Permite a configuração do perfil dos agentes participantes, tendo em conta a possibilidade de representar conhecimento positivo e/ou negativo sobre o seu perfil. É ainda neste ecrã que são configuradas as estratégias a utilizar pelos agentes participantes (e.g., determinada/ansiosa, defender preferida/atacar inaceitável).

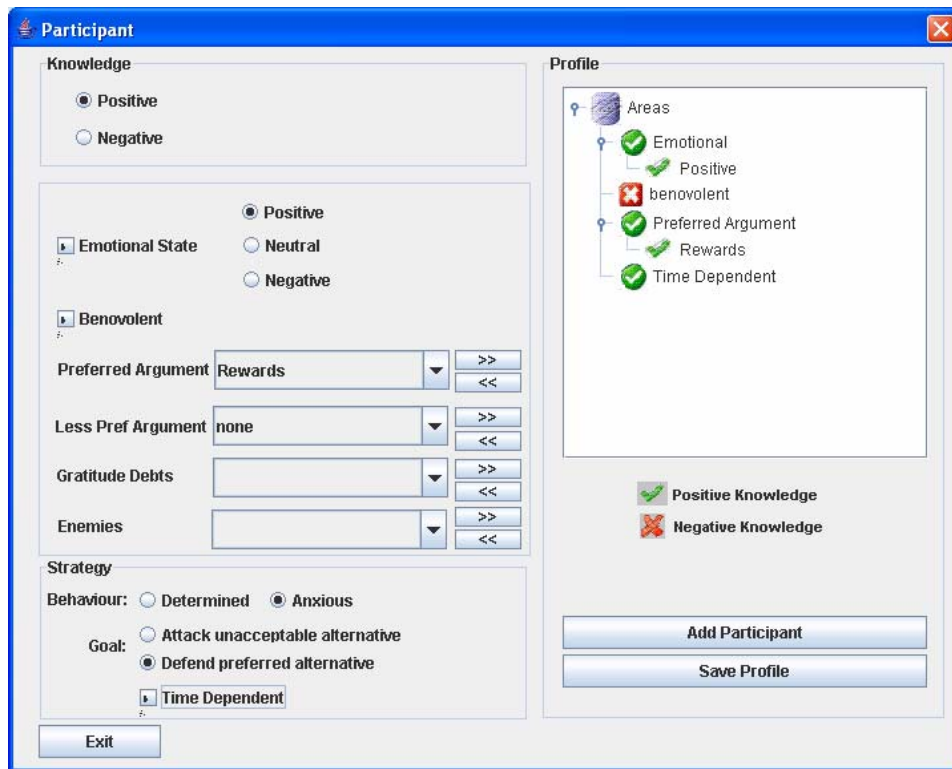


Figura 6.7 – Definição do perfil de um novo agente participante

O utilizador do simulador tem ainda como tarefa a configuração das regras para a geração de emoções. Na Figura 6.8 encontra-se representada a regra para a geração da emoção “esperança”. Note-se que a função de decaimento utilizada neste caso é constante, o que significa que caso a emoção “esperança” seja gerada e seleccionada vai manter a intensidade inicial até que desaparece.

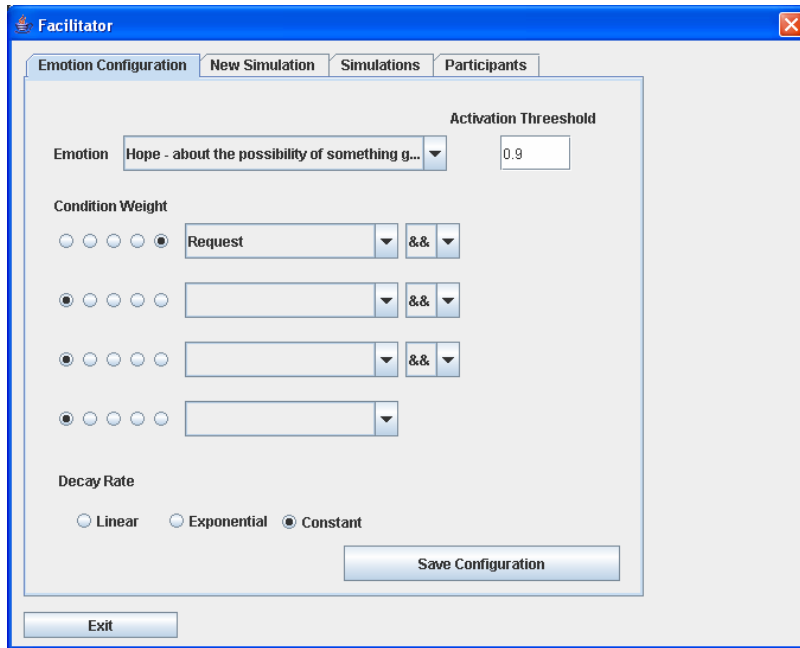


Figura 6.8 – Configuração das regras de geração de emoções

Na Figura 6.9 encontram-se representados todos os agentes existentes no simulador em determinado instante de tempo. Esta funcionalidade foi adaptada com base num agente disponibilizado pela plataforma OAA (*oaa_Monitor*), e permite, para além da visualização dos agentes, a monitorização das mensagens trocadas entre estes.

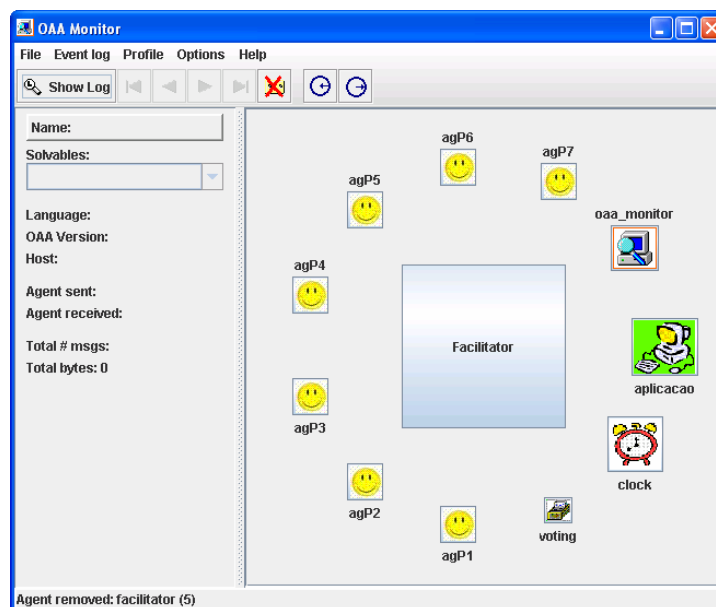


Figura 6.9 – Comunidade de agentes

6.4 *Caso de estudo*

Como já foi referido ao longo deste documento, a área de aplicação do simulador desenvolvido é a dos problemas multi-critério. Podem-se equacionar problemas mais ou menos complexos, que envolvam tomadas de decisões mais ou menos polémicas.

Considere-se, por exemplo, um cenário que passa pela selecção de um candidato para determinado departamento de uma instituição de Ensino Superior. Inicialmente são considerados vários candidatos, porém apenas um dos candidatos será seleccionado.

Num processo de contratação neste contexto (académico), não raras vezes há quase uma pré-selecção do candidato vencedor (Thagard e Kroon, 2006). Certamente que estas preferências reflectem os currículos dos candidatos, mas não se podem no entanto descurar aspectos como as preferências individuais dos membros do júri (i.e., grupo), nomeadamente a importância da componente lectiva, da componente de investigação e/ou da investigação em determinado tema. Durante um processo de tomada de decisão em grupo é natural que os conflitos surjam, e a componente emocional assume um papel importante no decorrer do processo. Muitos outros factores podem influenciar a decisão final, não sendo de descurar, por exemplo, a existência de dívidas de gratidão entre os elementos do júri.

Em concreto, no caso em estudo, são considerados para avaliação dos candidatos os seguintes critérios:

- Actividade pedagógica – actividades lectivas já desenvolvidas pelos candidatos no ensino superior (e.g., responsabilidade, tempo de serviço, elaboração de textos de apoio);
- Habilitação académica – habilitações académicas dos candidatos (e.g., doutoramento, mestrado, acções de formação);
- Actividade científica – actividades de cariz científico realizadas pelos candidatos (e.g., área de investigação, publicações, projectos, prémios, participações em comités científicos);
- Actividade de apoio à gestão – actividades de apoio à gestão já desenvolvidas pelos candidatos (e.g., participação em órgãos de gestão, coordenação de cursos, responsabilidade de eventos, participação em actividades tais como elaboração de horários, mapas de exames);

- Actividade profissional não docente – actividades profissionais já realizadas pelos candidatos, excluindo as relacionadas com a docência (e.g., prestação de serviços à comunidade).

A Tabela 6.1 ilustra o problema que nos propomos simular, o qual passa pela avaliação de quatro candidatos relativamente a cinco critérios (em termos de %).

Tabela 6.1 – Problema de decisão multi-critério

	Candidato n°1	Candidato n°2	Candidato n°3	Candidato n°4
Actividade pedagógica	70	60	30	50
Actividade científica	20	30	80	70
Habilitação académica	80	40	80	60
Actividade de apoio à gestão	30	60	10	30
Actividade profissional não docente	20	30	10	30

6.4.1 Ambiente para a realização das simulações

As simulações realizadas para “resolução” do problema referido em epígrafe, deverão permitir avaliar o desempenho do sistema, em termos da metodologia de resolução de problemas proposta nesta tese e, em simultâneo, avaliar o comportamento dos agentes participantes, tendo em conta o perfil com que foram criados, bem como as diferentes estratégias implementadas. Descreve-se de seguida e de forma sucinta, a forma como foram organizadas as simulações.

Interveniente

Um utilizador que coordena as simulações, tratando de aspectos como a configuração do problema, definição de regras para a tomada de decisão, constituição dos diferentes grupos de simulação, acompanhamento da simulação.

Métodos

Numa primeira fase, o facilitador “parametriza” a reunião nos seus aspectos mais genéricos, criando os cenários para as simulações; numa segunda fase procede à constituição dos grupos para a tomada de decisão para os diferentes cenários,

inserindo novos agentes participantes no sistema se assim o entender.

Face aos diferentes cenários em jogo pretende-se, em particular, comparar as taxas de sucesso de simulações onde não são consideradas vivências emocionais com simulações em que estas são tidas em consideração.

Pretende-se também analisar a influência das estratégias utilizadas pelos agentes participantes nos resultados das simulações.

Nas várias experiências laboratoriais relatadas na literatura, geralmente grupos de 3 a 5 pessoas são considerados pequenos, de 6 a 12 pessoas são médios e com mais de 12 são grandes. Nos cenários que descrevemos anteriormente considerou-se a utilização de grupos pequenos, constituídos por 4 agentes.

Pretende-se também elaborar algumas experiências onde o perfil dos agentes envolvidos e as estratégias utilizadas são fixas, e o que varia é o número de agentes envolvidos, com vista a tentar relacionar a taxa de sucesso das simulações com a dimensão do grupo. Na comparação utilizaram-se grupos pequenos e médios, ou seja, realizaram-se simulações com grupos de 4 agentes participantes e com grupos de 10 agentes.

A duração prevista para qualquer simulação é de 20 unidades de tempo, embora exista a possibilidade de qualquer simulação terminar antes desse tempo, desde que tenha sido atingido um consenso entre as partes.

Tarefa

O objectivo a atingir com as diferentes simulações passa sempre pela resolução do caso de estudo descrito na secção anterior.

Ambiente físico

O utilizador acede ao simulador que se encontra disponível no Laboratório de Ambientes Inteligentes de Decisão (LAID) do GECAD (Grupo de Investigação em Engenharia do Conhecimento e de Apoio à Decisão) (GECAD, URL). Neste laboratório encontram-se instalados diversos equipamentos que visam contribuir para a criação de um ambiente inteligente para a tomada de decisões, nomeadamente:

- Displax® Show (Edigma, URL) – equipamento capaz de projectar com alto impacto imagens, vídeos e textos num ecrã holográfico de 50'', com 98% de

transparência (vulgarmente designado de “vidro interactivo”);

- SmartBoard (Edigma, URL) – plasma de 60’’ com tecnologia Displax incorporada (detecção de toque), que permite o toque de elevada precisão e confere flexibilidade na utilização e manuseamento de conteúdos;
- Pontos de contacto – ecrãs interactivos (LCD de 26’’) ligados a computadores de secretária, embora também possam ser ligados a computadores portáteis;
- Mesa de decisão – mesa em forma de U com capacidade para 18 decisores e com 6 pontos de contacto;
- Mesa de trabalho colaborativo – mesa equipada com um ecrã interactivo (LCD de 32’’) onde se pretende que um conjunto de decisores (máximo de quatro) possam interagir em simultâneo (e.g., configuração do escalonamento de operações através de um gráfico de Gantt);
- Outro equipamento – projectores, câmaras e microfones que visam suportar a realização de reuniões qualquer que seja a sua formatação na matriz espaço/tempo;
- Mimio (Mimio, URL) – equipamento capaz de capturar imagens de um quadro (branco), e que com a ajuda de um simples projector pode transformar qualquer superfície, com dimensão até 2,40m por 1,20m, num quadro interactivo.

Na Figura 6.10 é possível visualizar o laboratório, bem como algum do equipamento referido.

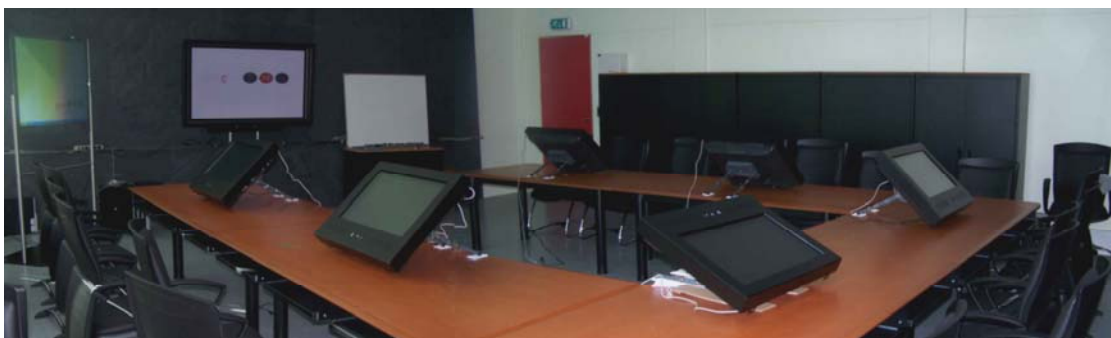


Figura 6.10 – Laboratório de Ambientes Inteligentes de Decisão

O equipamento que se encontra no LAID só muito recentemente é que ficou disponível (Março de 2007), razão pela qual não foi possível uma maior e melhor integração do trabalho desenvolvido nesta tese, com as facilidade disponibilizadas pela sala de decisão do LAID. Contudo, tal trabalho está a ser feito de momento, no âmbito de dois trabalhos de doutoramento que se estão a iniciar (Santos et al., 2006; Freitas et al., 2007). Entre possíveis desenvolvimentos, no futuro pretende-se disponibilizar uma versão Web do simulador, que possa ser acedida a partir de diferentes dispositivos (e.g., PDAs).

6.4.2 Aplicação do simulador ao caso de estudo

Nesta secção vamos analisar em detalhe um dos cenários propostos na metodologia definida na secção anterior, ou seja, a comparação de resultados obtidos em simulações em que os grupos são constituídos exclusivamente por agentes com inteligência emocional, com simulações em que tais agentes não incorporam esses mesmos atributos. O que distingue estes dois tipos de simulações é o processo de selecção de argumentos em que, no último caso, se segue a escala definida por Kraus (Kraus, 1998), enquanto que no primeiro se segue o processo proposto no quinto capítulo deste trabalho.

Na Figura 6.11 é possível visualizar o ecrã de configuração da reunião, onde se define, entre outros aspectos, o número de participantes, a regra de aprovação e a duração da sessão.

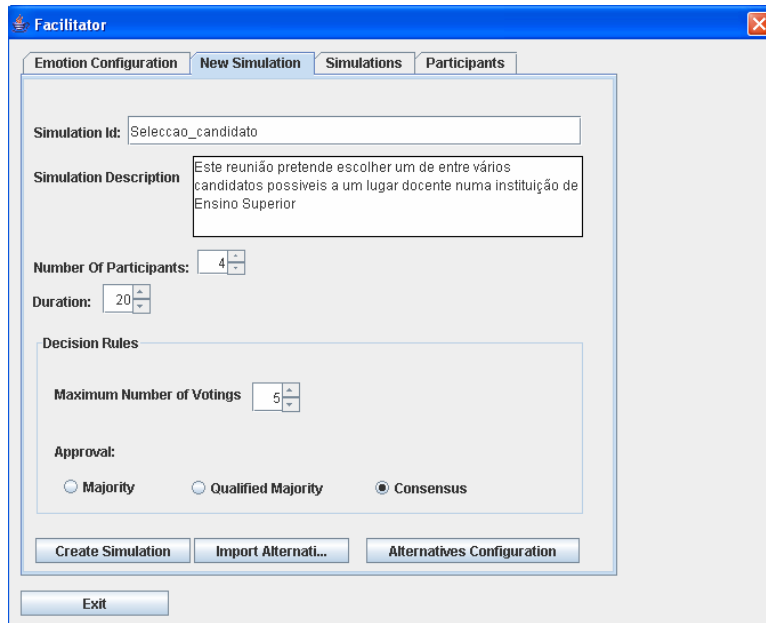


Figura 6.11 – Configuração da simulação

Através da Figura 6.12 expõe-se o problema multi-critério que foi previamente apresentado na Tabela 6.1.

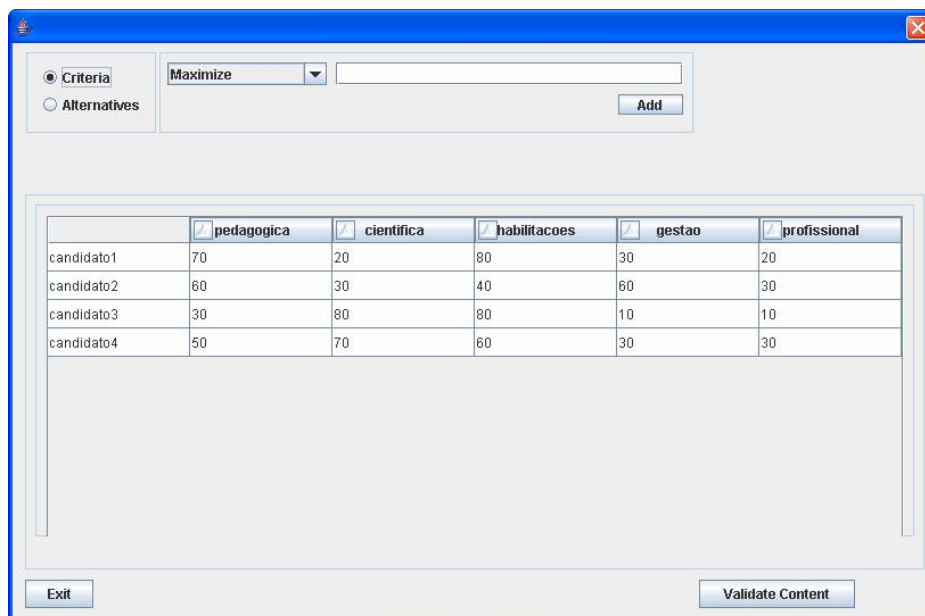


Figura 6.12 – Configuração do problema multi-critério

Como referimos anteriormente, para a construção deste cenário, foram utilizados grupos com base em agentes com inteligência emocional assim como outros grupos sem tais capacidades.

Na Figura 6.13 é possível visualizar, no simulador, a criação de um agente que conjuga um perfil com uma inteligência emocional própria, que condiciona o seu comportamento.

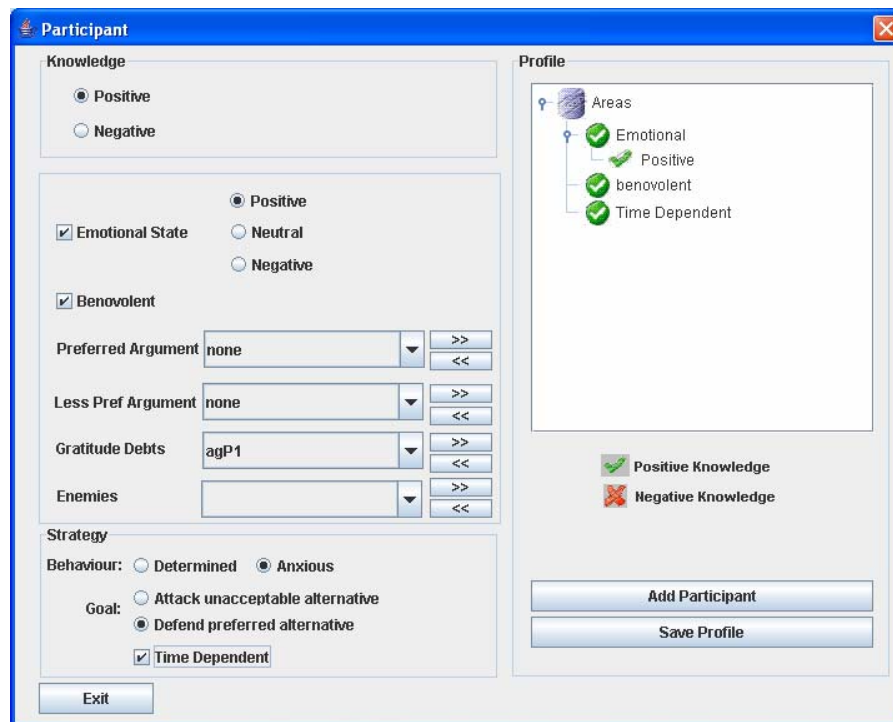


Figura 6.13 – Configuração do perfil de um agente participante

Quando os agentes presentes na plataforma são em número adequado para garantir uma diversidade de experiências, procede-se à formação dos grupos, de acordo com os requisitos do problema em questão.

O passo seguinte passa por definir as preferências dos agentes, o que permitirá a classificação das alternativas possíveis nas três classes referidas no capítulo quinto: preferidas, indiferentes e inadmissíveis. Na Figura 6.14 é delineado o processo de configuração das preferências. Neste caso concreto, e de acordo com as preferências publicitadas, o agente actua em representação de um indivíduo que dá especial importância à componente pedagógica, relegando para um plano secundário as suas competências em gestão, bem como as de índole científica e profissional (i.e., as não docentes).

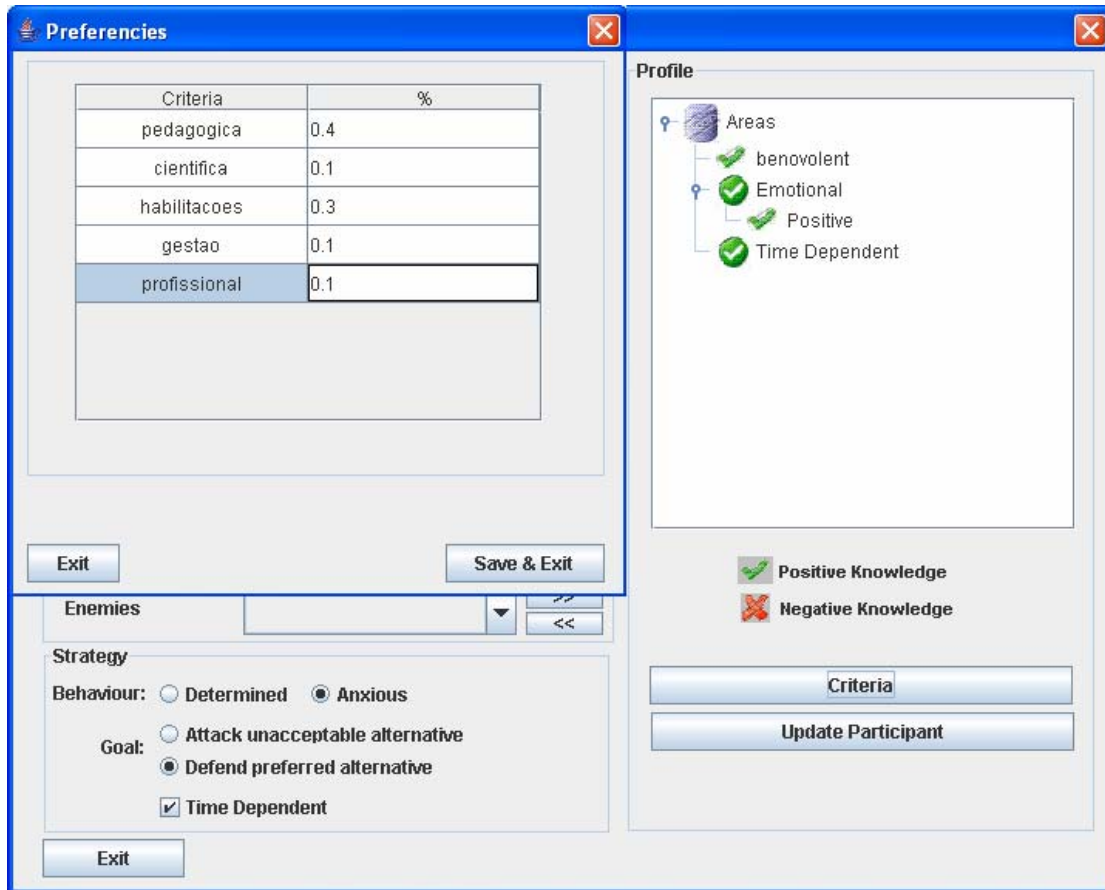


Figura 6.14 – Configuração das preferências individuais

Na Tabela 6.2 são apresentadas as preferências dos agentes, quando partem para uma simulação.

Tabela 6.2 – Preferências iniciais dos agentes

	Pedagógica	Científica	Habilitações	Gestão	Profissional
AgP_{α}	0.1	0.4	0.4	0.05	0.05
AgP_{β}	0.15	0.4	0.15	0.15	0.15
AgP_{φ}	0.4	0.1	0.1	0.3	0.1
AgP_{θ}	0.4	0.1	0.3	0.1	0.1

Como já foi referido, estas preferências permitem aos agentes agrupar as alternativas em classes de preferência, e servem de suporte à resposta ao primeiro pedido de votação, enviado pelo agente facilitador.

Como se depreende da Tabela 6.2, foram traçados quatro perfis de preferências para os agentes, nomeadamente AgP_{α} , AgP_{β} , AgP_{φ} e AgP_{θ} . Os agentes do tipo AgP_{α}

procuram um candidato com competências no foro científico e ao nível de habilitações. Os agentes do tipo AgP_{θ} e AgP_{ϕ} concordam na importância a atribuir à componente pedagógica, que na opinião destes deve ser valorizada, mas discordam no que concerne às competências de gestão e às de habilitações. Os agentes do tipo AgP_{β} são adeptos de candidatos com bom desempenho a nível científico, e mostram-se indiferentes no que concerne às restantes áreas em avaliação.

Nas Figuras 6.15 a 6.20 dá-se a conhecer como uma simulação se concretiza. Os agentes envolvidos são o AgP_1 (agente do tipo AgP_{α}), o AgP_2 (agente do tipo AgP_{θ}), o AgP_3 (agente do tipo AgP_{ϕ}) e o AgP_4 (agente do tipo AgP_{β}).

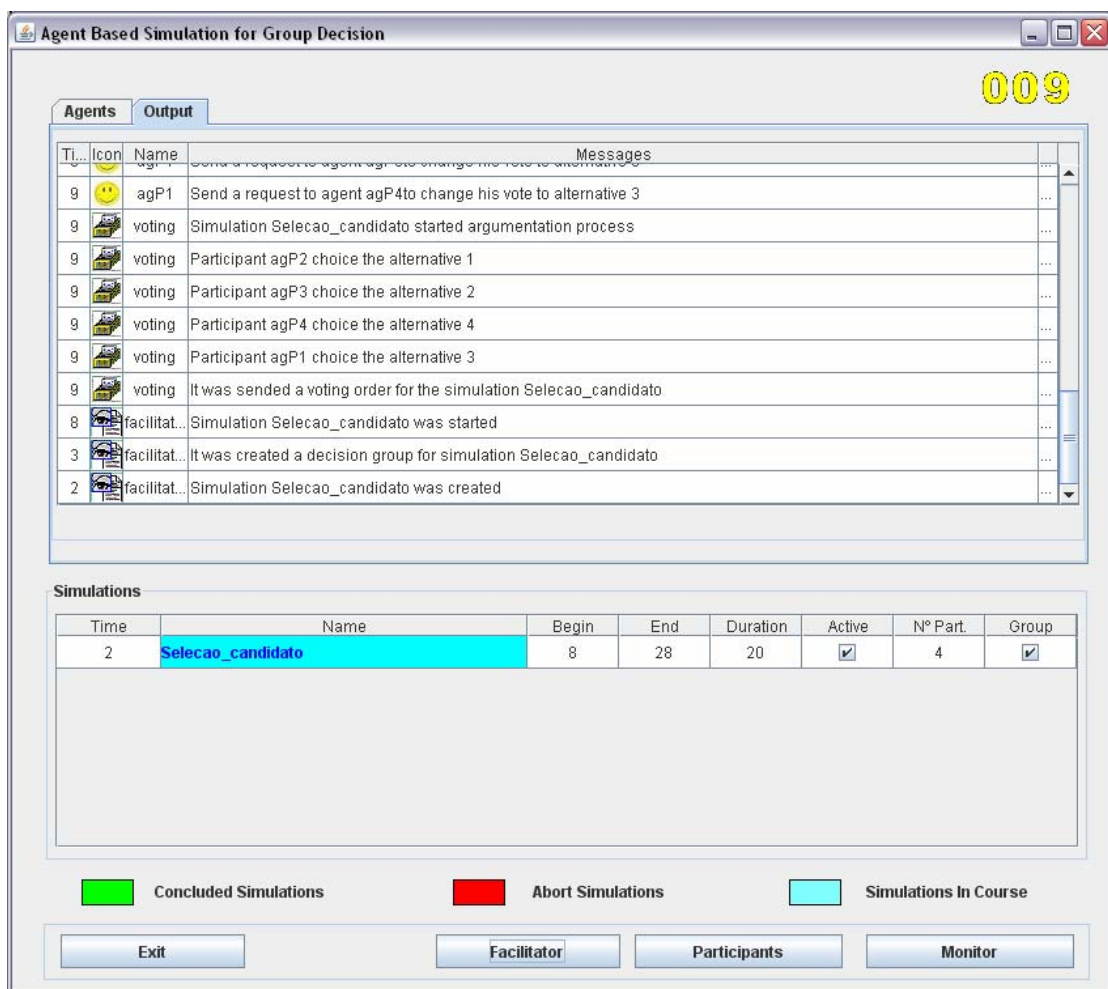


Figura 6.15 – Preferências iniciais

Como se depreende da Figura 6.15, na primeira votação não foi possível obter uma

decisão (o agente AgP_1 seleccionou o candidato número 3; o AgP_2 seleccionou o candidato número 1; o AgP_3 seleccionou o candidato número 2 e o AgP_4 seleccionou o candidato número 4), pelo que o agente facilitador solicitou o início de um período de reflexão (i.e., com recurso à argumentação).

Na Figura 6.16 é possível visualizar a primeira ronda de argumentação, onde os agentes trocam pedidos, que não são suportados por argumentos, apelando unicamente à benevolência dos seus oponentes.

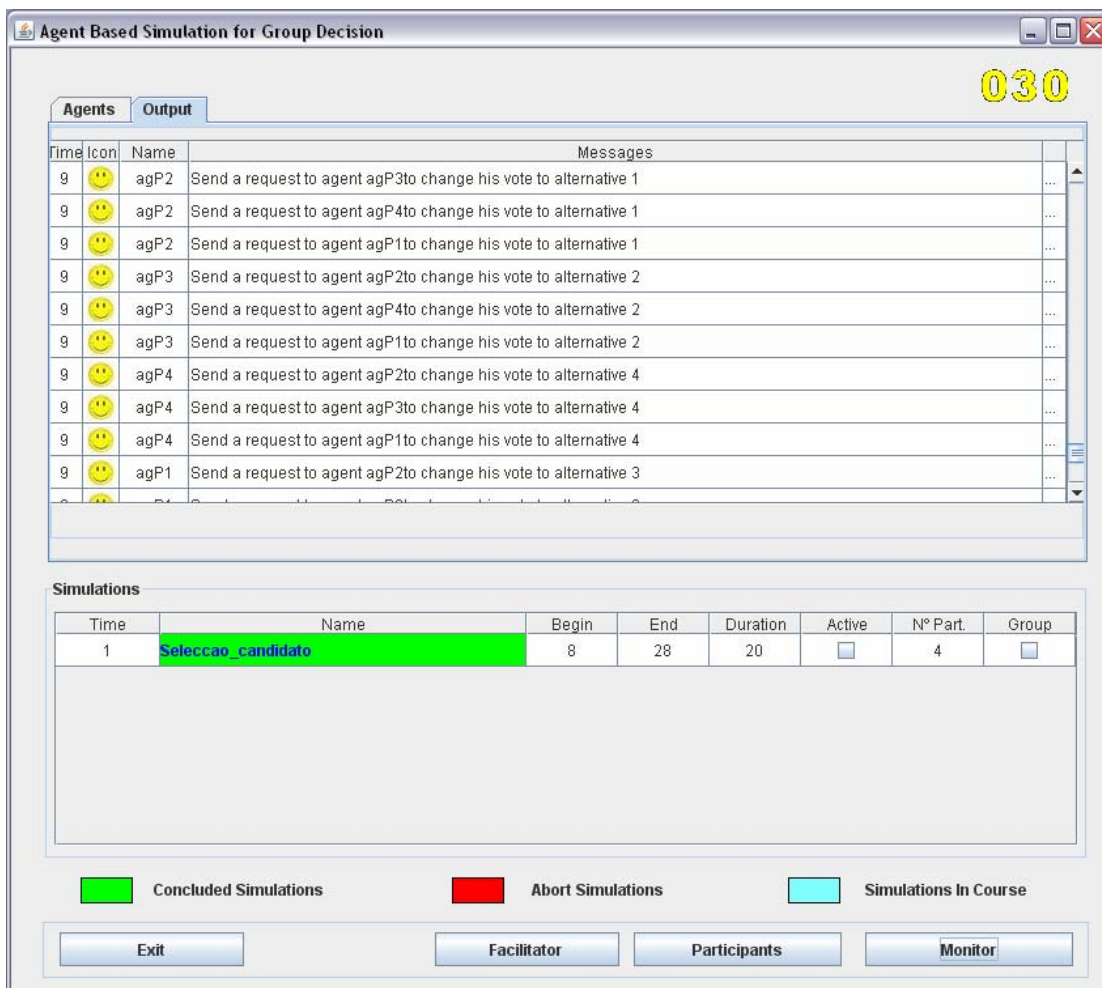


Figura 6.16 – Ronda de argumentação, apelo à benevolência

A escolha do agente a eleger é realizada de acordo com o processo descrito no capítulo quinto, i.e., baseia-se na informação da última votação e na qualidade da informação que o agente detém sobre os seus pares.

Após a primeira ronda, e tal como se depreende da Figura 6.17, não foi possível obter um consenso, pelo que o agente facilitador determinou o início de outro período de

argumentação, há que atender a que o único agente que mudou de preferência foi o agente AgP_2 .

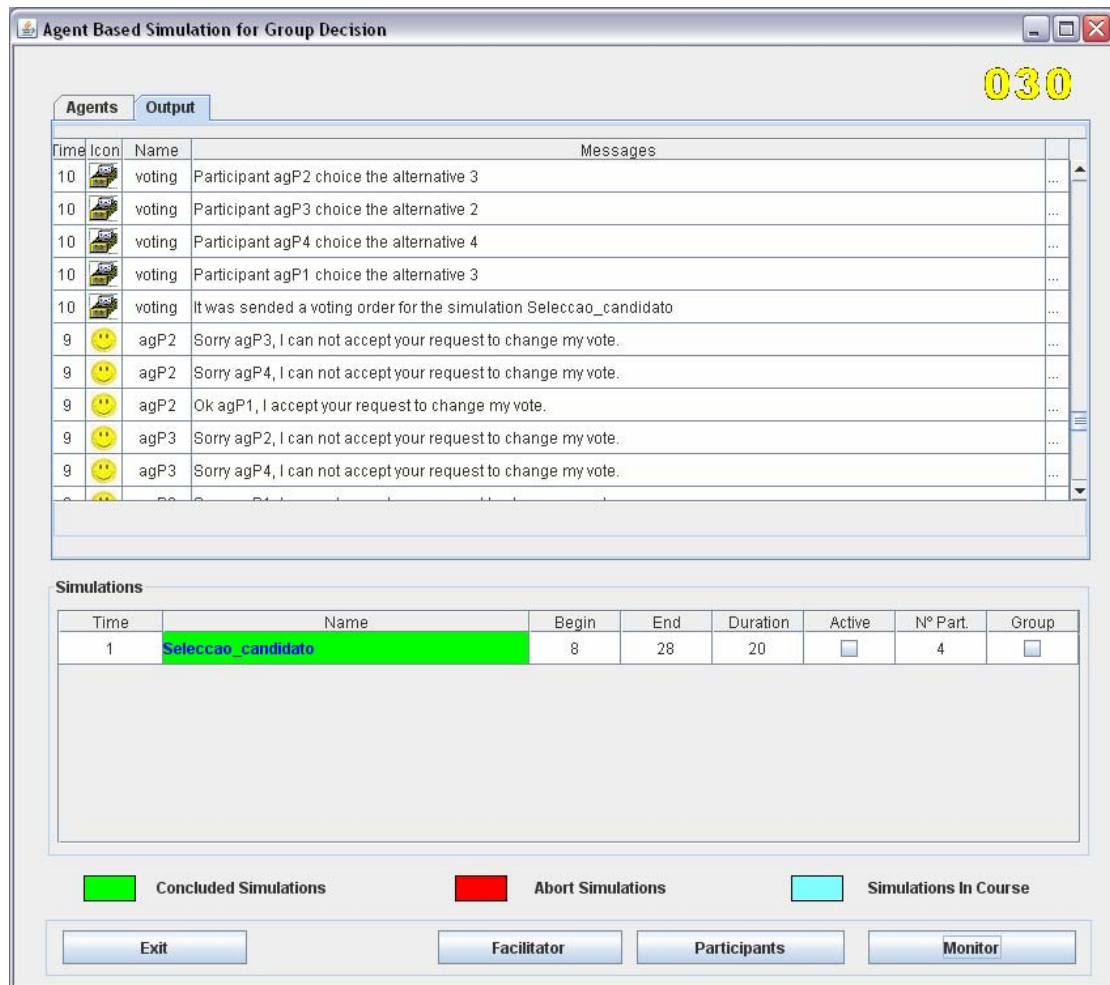


Figura 6.17 – Resultado da primeira ronda de argumentação

Na Figura 6.18 apresentam-se os argumentos trocados durante a próxima ronda de negociações. Os agentes AgP_1 e AgP_2 solicitam ao agente AgP_4 que vote no candidato número 3, frisando que essa opção é do seu próprio interesse. O agente AgP_4 tenta persuadir o agente AgP_1 a alterar a sua opção, informando-o que no passado, e mais especificamente na simulação “sim2”, o agente AgP_2 mudou de opinião durante a negociação. Por último, o agente AgP_3 tenta convencer o seu oponente, o agente AgP_1 , argumentando com base numa dívida de gratidão. O agente AgP_4 recusou todos os argumentos que lhe foram dirigidos, enquanto que o agente AgP_1 aceitou o pedido do agente AgP_4 (apelo a um contra-exemplo), e recusou o pedido do agente AgP_3 (apelo a uma promessa passada).

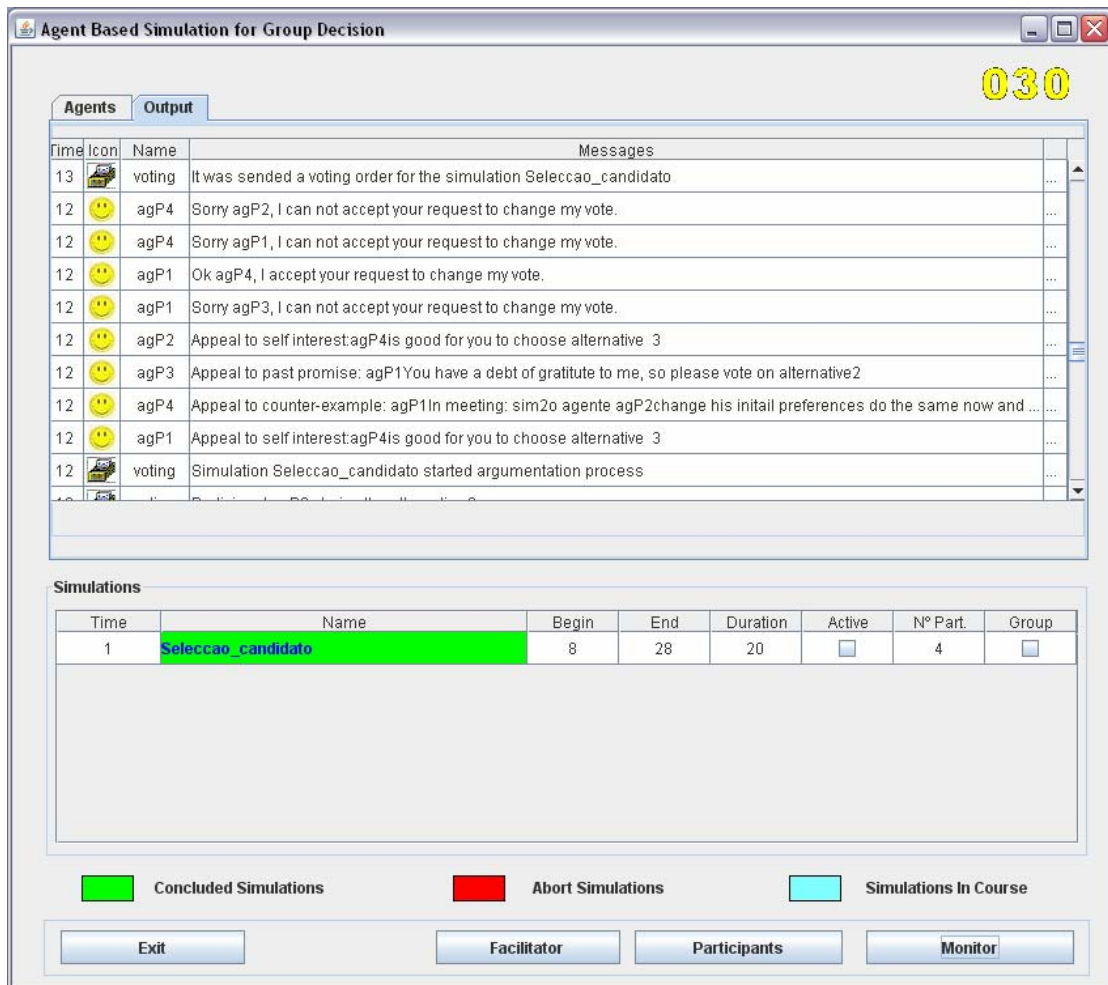


Figura 6.18 – Ronda argumentativa

Com base no argumentado ilustrado na Figura 6.18, não foi possível atingir um consenso e eleger um candidato, pelo que se iniciou uma nova ronda.

A Figura 6.19 ilustra os argumentos trocados entre os agentes na sua ronda de argumentação. Os agentes AgP_1 e AgP_2 servem-se do argumento “ameaça” para tentar persuadir o agente AgP_4 , informando-o de que se não aceitar o pedido que lhe fizeram, irão eleger um candidato que ele não quer de todo que seja o eleito. Já o agente AgP_4 tenta persuadir o seu oponente, o agente AgP_1 , com o argumento que se este aceitar o seu pedido no futuro o irá recompensar. Por último, o agente AgP_3 tenta por sua vez persuadir o AgP_1 , utilizando para tal o argumento apelo a um “contra-exemplo”. Ainda na Figura 6.19 é possível visualizar a resposta que cada um dos agentes deu aos pedidos que recebeu.

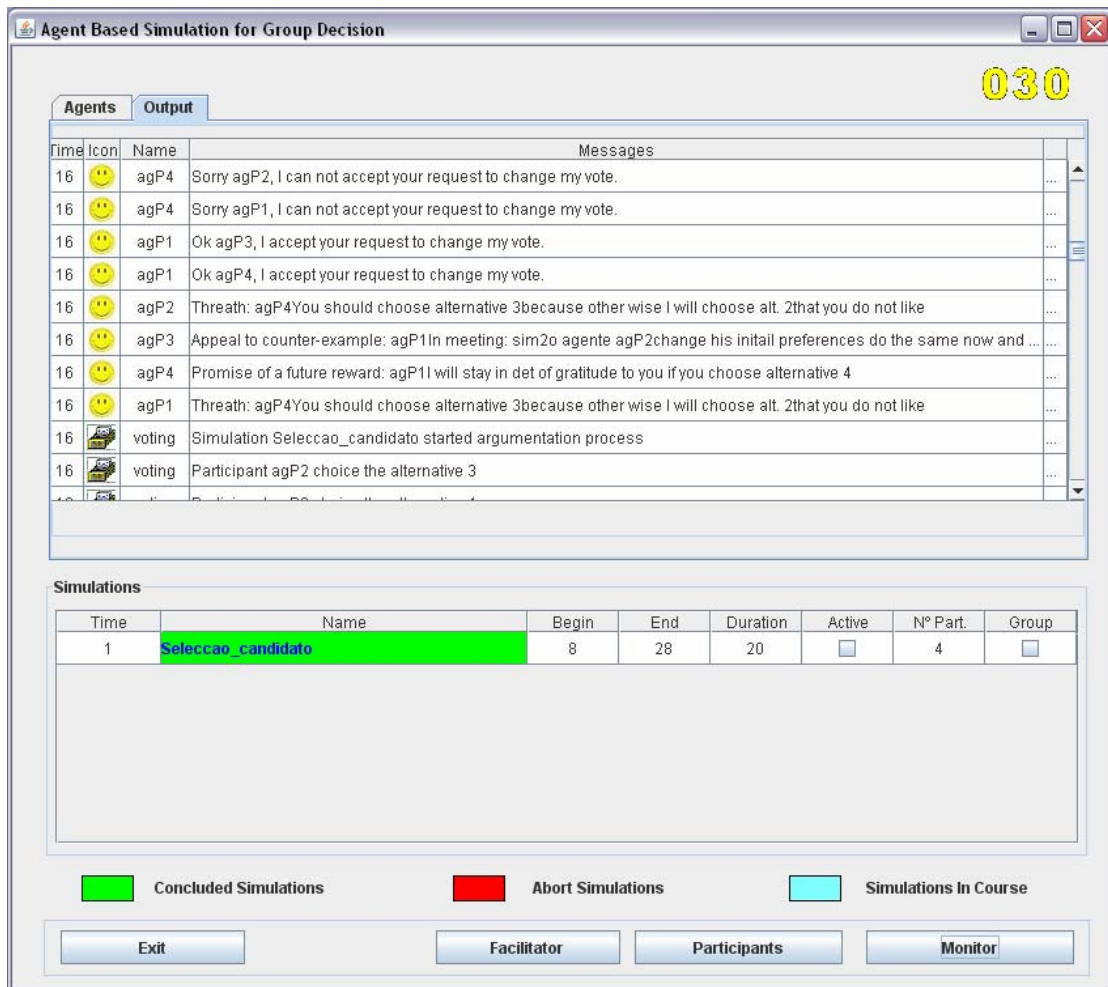


Figura 6.19 – Resultado da ronda argumentativa

Do argumentado constante da Figura 6.19 não resultou a escolha de um dos candidatos, o que levou a que uma nova ronda ocorresse. Na Figura 6.20, é possível visualizar a resposta que os agentes deram aos vários pedidos que receberam. Ainda na Figura 6.20 é também possível visualizar o resultado final da simulação, onde o candidato seleccionado foi o nº 4, com a aprovação de todos os agentes.

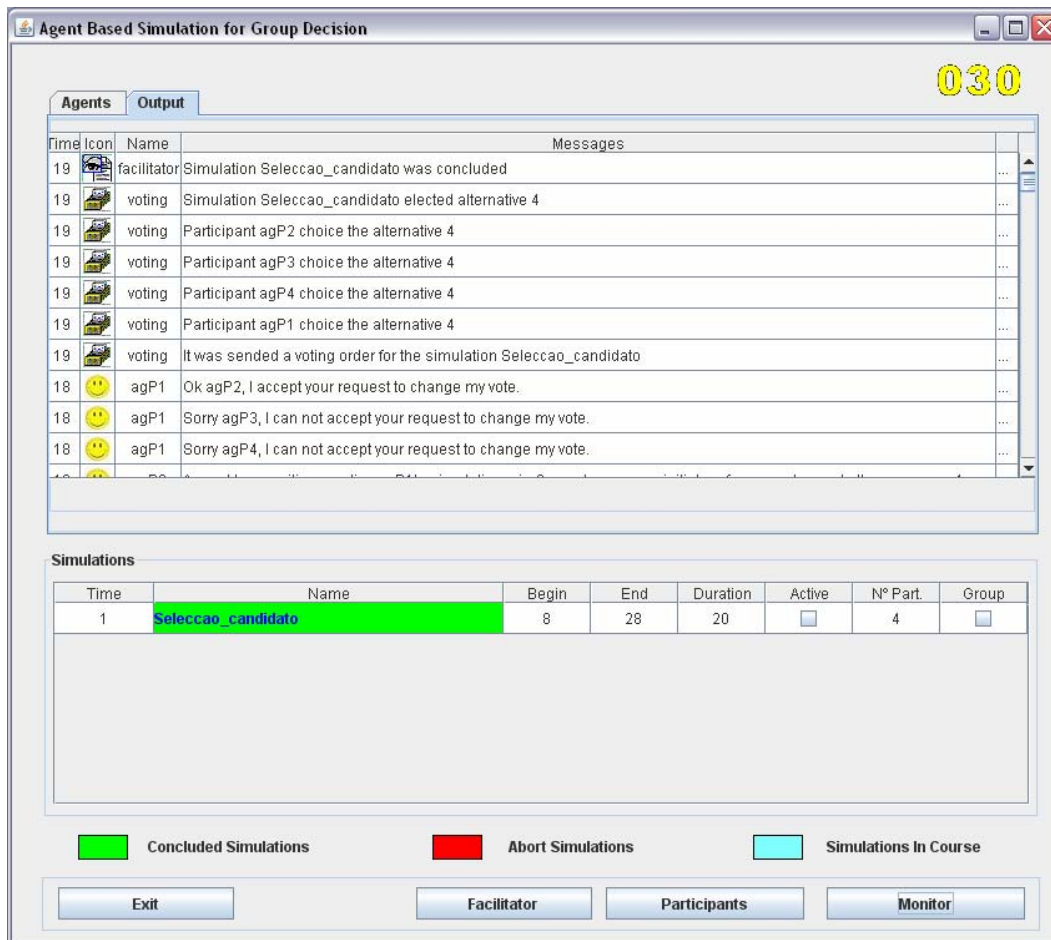


Figura 6.20 – Resultado da última ronda de argumentação

No final de cada simulação cada um dos agentes envolvidos actualiza o conhecimento que detém sobre o perfil dos pares com que se relacionou. No caso da actualização do conhecimento que o agente detém sobre a benevolência dos agentes com que se relacionou na última simulação, é seguido o seguinte procedimento:

- Se o agente não tem na sua base de conhecimento informação sobre a benevolência de um seu par e no decorrer da simulação fez-lhe um pedido que foi aceite (ou recusado), então o agente vai adicionar à sua base de conhecimento a informação de que este é benevolente (no caso do pedido ter sido recusado, é inserida informação que o agente não é benevolente);
- Se já existe informação na base de conhecimento sobre a problemática da benevolência, então esta deve ser alterada; se a informação existente indicar que o agente não é benevolente e a informação decorrente da última simulação indicar o contrário, então há que proceder à actualização da informação.

Para a realização das restantes experiências consideraram-se cinco alternativas construídas a partir de elementos das Tabelas 6.1 e 6.2. Apesar das variações introduzidas na Tabela 6.2, os agentes participantes utilizados nas experiências apresentaram o mesmo perfil de preferências tipificado na tabela inicial. A cada uma das variações introduzidas na Tabela 6.1 foram associadas as variações da Tabela 6.2, o que resultou na criação de 25 cenários de teste.

Na Tabela 6.3 é mostrado uma súmula dos resultados obtidos com a experimentação deste cenário.

Tabela 6.3 – Súmula dos resultados obtidos com o cenário

Nº de simulações realizadas	25
Nº de simulações em que o nº de argumentado foi maior nos agentes com capacidades emocionais do que nos agente que não contemplam esse factor	2
Nº de simulações em que o nº de argumentado foi maior ou igual nos agentes sem capacidades emocionais do que nos agente dotados dessas capacidades	23
Nº máximo de argumentado com agentes emocionais	9
Nº mínimo de argumentado com agentes emocionais	2
Nº máximo de argumentado com agentes que não contemplam o factor emoção	13
Nº mínimo de argumentado com agentes emocionais que não contemplam o factor emoção	5
Nº médio de argumentado utilizando agentes emocionais	5.4
Nº médio de argumentado utilizando agentes sem capacidades emocionais	7.1

O gráfico da Figura 6.21 ilustra o número de rondas de argumentado que foram necessárias, para cada uma das simulações, em função do tipo de agentes que estava a ser utilizado.

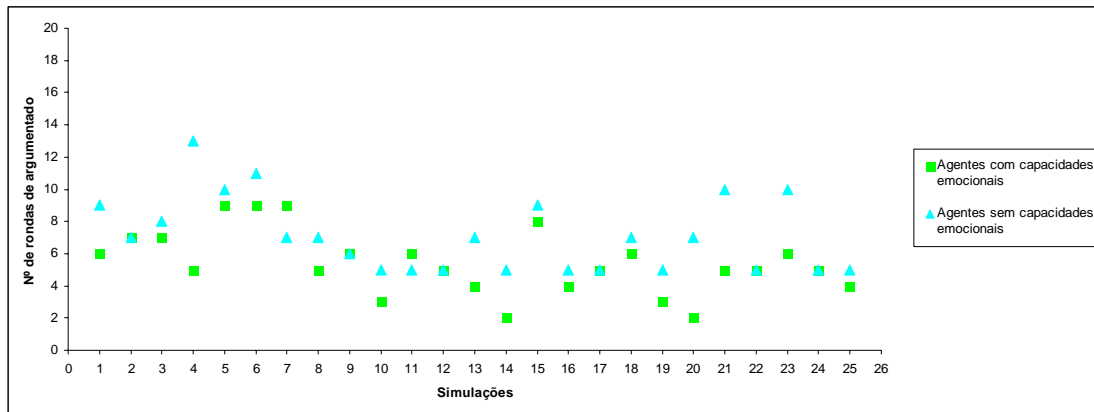


Figura 6.21 – Número de rondas argumentativas por tipo de agente

Como se pode ver pelo gráfico anterior, existe diferença entre os dois conjuntos de valores (distribuições), a média do argumentado com agentes emocionais é de 5.4 enquanto que a média com agentes que não contemplam o factor emoção é de 7.1, sendo que a diferença entre ambas toma o valor de 1.7 (ver Tabela 6.3).

Para comparar as distribuições anteriores, ou seja, para comparar a utilização de agentes com capacidades emocionais face à utilização de agentes sem capacidades emocionais, utilizámos, via SPSS (SPSS, URL), o teste não paramétrico *Wilcoxon Signed Ranks Test* (para comparação de amostras relacionadas) e obtivemos um valor $p = 0.001$. Dado que o número de casos não é muito grande e existe alguma dispersão nos dados, calculámos também o nível de significância com o método de Monte Carlo ($p < 0.001$).

Com estes valores podemos rejeitar a hipótese nula (não existência de diferenças entre utilizar agentes com capacidades emocionais ou agentes sem capacidades emocionais nas rondas de negociação), i.e., as diferenças verificadas não se devem ao acaso. As diferenças encontradas nas distribuições são estatisticamente significativas, ou seja, o número médio de argumentações em rondas com agentes que utilizam emoções é de facto inferior em relação aos que não utilizam emoções.

O gráfico da Figura 6.22, foi construído com base no gráfico da Figura 6.21, apresentando também, para além da informação relativa ao número de argumentos trocados pelos dois tipos de agentes, informação que traduz a média do número de argumentos trocados após n simulações.

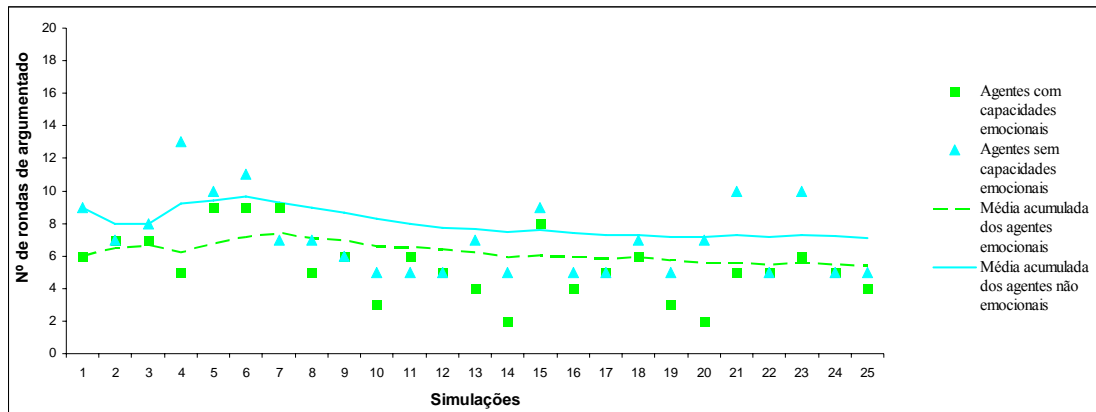


Figura 6.22 – Número médio de rondas argumentativas por tipo de agente

No caso particular deste cenário, e através das várias simulações realizadas, é possível concluir que os grupos constituídos exclusivamente por agentes com inteligência emocional atingem um consenso de forma mais rápida do que os grupos constituídos por agentes que não contemplam este factor.

O número de simulações em que foi atingido um consenso foi idêntico nos dois tipos de grupos.

6.4.3 Análise dos resultados obtidos nas diferentes simulações

Na secção anterior foram analisados os resultados obtidos quando se utilizavam grupos de agentes com ou sem inteligência emocional. Os restantes cenários que nos propusemos estudar contemplam a utilização de diferentes estratégias por parte dos agentes participantes, assim como a influência que a cardinalidade dos grupos poderia ter na taxa de sucesso das simulações.

Como base para a realização das experiências utilizaram-se os 25 cenários de teste criados no exemplo anterior. Os agentes utilizados nas experiências manifestam um comportamento que varia de acordo com a estratégia que subscrevem, nomeadamente “defender a preferida”, “evitar alternativa inaceitável” e “mista” (começa por ser “defender preferida” e pode mudar no final para “evitar inaceitável” se o agente manifestar um comportamento dependente do tempo). Considera-se que um agente teve sucesso se:

- No caso de estar a implementar a estratégia “defender a preferida”, a

alternativa (i.e., candidato) eleita pelo grupo pertencer ao seu grupo de alternativas preferidas;

- No caso de estar a implementar a estratégia “evitar alternativa inaceitável”, a alternativa (i.e., candidato) eleita pelo grupo não pertencer ao seu grupo de alternativas inaceitáveis;
- No caso de estar a implementar a estratégia “mista” (i.e., o agente subscreve a estratégia “defender a preferida” até que, em determinado momento, passa a subscrever “evitar alternativa inaceitável”), a alternativa (i.e., candidato) eleita pelo grupo pertencer ao seu grupo de alternativas preferidas até um dado momento ou preferidas ou indiferentes após esse momento.

Na formação dos grupos foi tido como requisito que em cada uma das simulações participassem agentes participantes que subscrevessem apenas uma das estratégias referidas em epígrafe.

A Figura 6.23 ilustra a taxa de sucesso dos agentes participantes (i.e., das simulações) e em particular das estratégias por estes subscritas, tendo como base as 25 experiências referidas em epígrafe, em que estiveram envolvidos.

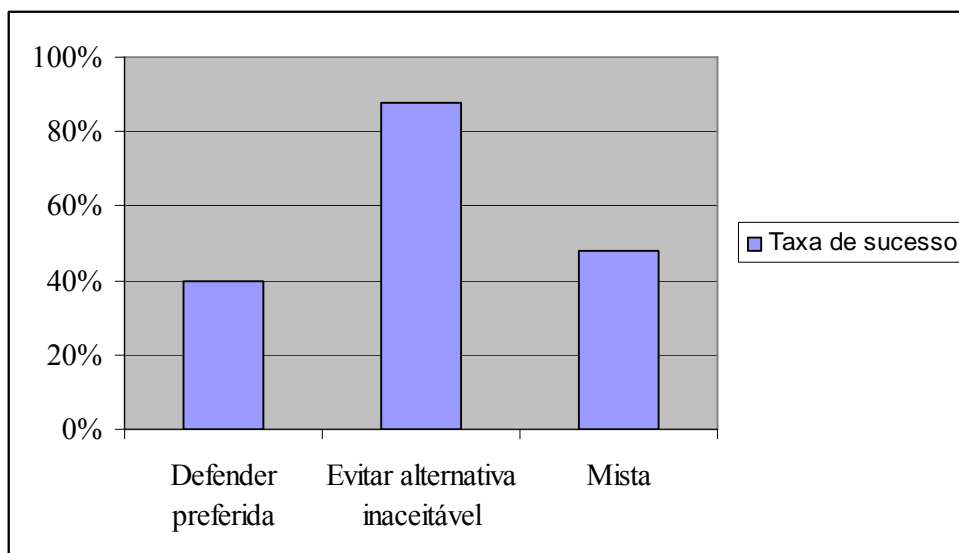


Figura 6.23 – Taxa de sucesso das diferentes estratégias

Como se depreende do gráfico da Figura 6.23 e em particular no que respeita às

estratégias dependentes do objectivo, utilizadas pelos agentes, as várias simulações realizadas permitem-nos concluir que os agentes que implementam a estratégia “evitar alternativa inaceitável” têm uma maior taxa de sucesso do que os agentes que implementam a estratégia “defender a preferida”. Dentro dos agentes que utilizam a estratégia “defender a preferida”, têm uma maior taxa de sucesso os que têm um comportamento dependente do tempo (“mista”), uma vez que na fase final podem deixar cair esta estratégia e adoptar a estratégia “evitar alternativa inaceitável”, o que significa um alargamento potencial das alternativas que subscrevem.

Também se realizaram experiências onde cada um dos agentes envolvidos subscrevia uma estratégia (dependente do objectivo) diferente. Dado se estarem a utilizar grupos de quatro elementos, uma das estratégias foi subscrita por dois agentes participantes. Os resultados em termos de taxa de sucesso das simulações realizadas foram similares aos obtidos com grupos constituídos exclusivamente por agentes que subscrevem a estratégia “defender a alternativa preferida”.

No que respeita às simulações realizadas com variações na dimensão do grupo (i.e., considerando grupos de 4 agentes vs grupos de 10 agentes), mantendo-se os restantes parâmetros constantes, verificou-se que a taxa de sucesso era significativamente inferior no caso das simulações que envolviam grupos de maior cardinalidade. Uma das justificações que encontramos para esse facto prende-se com a regra de aprovação considerada, que foi o consenso, ou seja, todos os agentes tinham de acordar na escolha de uma única alternativa.

No futuro pretendem-se realizar mais simulações neste contexto, considerando variações ao nível das regras de aprovação.

6.5 Conclusões

Neste capítulo apresentámos o simulador desenvolvido para análise de processos de tomada de decisão em grupo, com recurso à argumentação, e onde pontua a inteligência emocional e factores de ordem social.

O protótipo desenvolvido permite validar as metodologias de resolução de problemas propostas nesta tese, e que conduzem à representação, por parte de agentes de software, das entidades físicas envolvidas em processos de tomada de decisão em

grupo. É de realçar que ao longo do trabalho desenvolvido as entidades que mais mereceram a nossa atenção foram os agentes participantes.

A plataforma de comunicação, utilizada no desenvolvimento do simulador, foi a plataforma OAA, tendo sido modificada de forma a uma melhor adequação à problemática da simulação da tomada de decisão em grupo.

A última parte do capítulo apresenta um caso de estudo, onde se exemplifica o funcionamento do protótipo, testando a metodologia de resolução de problemas proposta nesta tese, nomeadamente no que se refere às estratégias dos agentes participantes e à selecção dos argumentos.

Da análise dos resultados obtidos com o simulador, conclui-se da necessidade de se considerar trabalho futuro em termos de:

- Melhoramento do algoritmo de geração de argumentos, nomeadamente no que diz respeito à previsão dos argumentos que poderão ser gerados pelos pares, de modo a que possamos perceber melhor quais serão as tendências futuras de votação, condicionando desse modo o argumentado que será gerado;
- Sofisticação do modelo de argumentação, nomeadamente no que diz respeito aos argumentos explanatórios, uma vez que, actualmente, os argumentos são elaborados com base no conhecimento que os agentes detêm sobre os seus pares e respectivos objectivos, não sendo tido em linha de conta o problema específico sobre o qual estão a discutir;
- Desenvolvimento de um modelo de formação de grupos que tenha em consideração o problema que se pretende simular e o conhecimento que cada agente participante transporta. Como foi referido, no modelo que propomos os grupos são formados tendo em conta as características do perfil de cada um dos agentes participantes, embora de entre estes a selecção dos agentes para a constituição dos grupos seja realizada de forma aleatória. Parece-nos relevante conjugar esta selecção com a adaptação ao problema e ao tipo de conhecimento de que cada agente é detentor, potenciando dessa forma a elaboração dos argumentos explanatórios referidos no ponto anterior.

CAPÍTULO 7

CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

We almost never think of the present, and if we do think of it, it is only to see what light it throws on our plans for the future.

BLAISE PASCAL

Este último capítulo apresenta a síntese do trabalho desenvolvido, realçando as suas principais contribuições. É também analisado o impacto científico e a divulgação do trabalho associado a esta dissertação. Por último, são apresentadas as limitações e as perspectivas que se abrem para a continuação deste trabalho no futuro.

7.1 Síntese da Dissertação

O objectivo deste trabalho teve a ver com a aplicação de metodologias de resolução de problemas cuja centralidade se desenvolve em torno do conceito de agente, à problemática da tomada de decisão em grupo, em que pontuam a emoção associada a um poder intrínseco de argumentação.

A emoção foi durante séculos considerada como um obstáculo aos processos de raciocínio, no entanto, num passado algo recente esta passou a uma peça fundamental nos processos de decisão. As investigações que realizamos, bem como as nossas próprias vivências, levaram-nos a defender a tese de que é de importância vital a consideração da inteligência emocional no decurso da tomada de decisão. Subscreeve-se uma metodologia de resolução de problemas centrada no conceito de agente, e modelada computacionalmente na forma de um Sistema Multiagente. Os agentes participantes, que têm o papel dos decisores humanos, foram modelados de forma a apresentarem propriedades antropomórficas. O arquétipo que se propõe para os agentes participantes visa o tratamento da componente emocional, em termos da geração, selecção e decaimento das emoções, bem como a geração de estados de espírito que se assumem como mais abrangentes e duradouros do que as emoções.

A argumentação, por outro lado, é um tema que tem vindo a ser estudado desde o tempo dos filósofos gregos (e.g., Aristóteles), tendo o seu auge nos nossos dias na década de 90, no seio dos trabalhos de investigação sobre os mecanismos de negociação automática. A aplicação da argumentação em ambientes de tomada de decisão em grupo, tem sido bem menos estudada.

No universo em que nos inserimos, a informação está longe de ser completamente conhecida e estática, o normal é esta estar dotada de imprecisão e o conhecimento sobre a mesma evoluir com o decorrer do tempo. Não sendo por conseguinte de estranhar que na tomada de decisão em grupo nos deparemos com situações de informação incompleta e imprecisa, quer ao nível do problema em discussão, quer no que se refere ao conhecimento sobre os restantes participantes da reunião. Neste trabalho abordou-se apenas a questão da informação incompleta e consequente análise da qualidade da informação, no que diz respeito ao conhecimento que as entidades envolvidas neste processo detêm sobre os seus pares.

As questões abordadas nos parágrafos anteriores levaram-nos à proposta de um modelo capaz de representar processos de tomada de decisão em grupo, onde agentes de software denotam indivíduos ou organizações e que assenta sobre problemas multi-critério. As entidades envolvidas, e em particular os agentes participantes, têm propriedades antropomórficas, tal como capacidade de argumentar e inteligência emocional.

Terminada a especificação do sistema, e com vista a testar o modelo proposto, assim como o seu desempenho face às diferentes estratégias de actuação, foi desenvolvido e implementado um simulador, no qual agentes de software autónomos e heterogéneos, com objectivos e estratégias próprias, denotam os participantes. Cada agente é uma peça única, assim entendido em termos do conhecimento que possui, sendo dada particular ênfase à representação de informação incompleta e imprecisa, e à qualidade dessa mesma informação.

O simulador foi implementado como um Sistema Multiagente, em que se consideram cinco tipos de agente: o agente do tipo participante (que no seu conjunto formam a comunidade de agentes participantes), o agente do tipo facilitador, o agente de informação, o agente de votação e o agente relógio.

A plataforma utilizada no desenvolvimento do simulador foi a plataforma OAA, tendo sido modificada, no que concerne por exemplo à adição de mecanismos de controlo do tempo. A modificação deveu-se ao facto de ser necessário responder a questões relacionadas com o problema a resolver, a simulação de uma tomada de decisão em grupo.

Foram, ainda, apresentados alguns exemplos de funcionamento do referido simulador, com vista à validação da metodologia proposta, nomeadamente no que se refere às estratégias de argumentação propostas, e à sustentação da introdução da inteligência emocional na tomada de decisão (em grupo).

Do ponto de vista das entidades que participam na tomada de decisão em grupo, o recurso ao simulador pode trazer vantagens a vários níveis:

- Familiarização com os processos envolvidos na tomada de decisão em grupo;
- Estudo de diferentes estratégias e formas de argumentação;
- Estudo de diferentes cenários de decisão; i.e., diferentes problemas de decisão,

diferentes comportamentos dos seus pares nos processos de decisão, diferentes estratégias de actuação;

- Redução dos custos de treino.

As principais contribuições e originalidades do presente trabalho são a seguir enunciadas:

- Definição e especificação de um sistema de Simulação Multiagente, incluindo os agentes representativos das entidades envolvidas, para modelar reuniões de tomada de decisão em grupo;
- Definição e especificação de um arquétipo para o agente participante, no qual foi dada especial importância à representação do conhecimento, a formas de argumentação, bem como à gestão da inteligência emocional, com particular destaque para a base antropomórfica com que este tipo de agente foi projectado;
- Definição e especificação de um protocolo de tomada de decisão em grupo, que permite conduzir os processos envolvidos nas diferentes fases da simulação;
- Incorporação de conceitos como informação incompleta e imprecisa, bem como a qualidade da informação nos processos de tomada de decisão, em particular nos mecanismos no quais se baseia o raciocínio dos agentes participantes;
- De notar que a incorporação de um módulo para o tratamento da inteligência emocional no arquétipo do agente participante, não pode, per si, ser considerada uma originalidade. No entanto, a contemplação da inteligência emocional na simulação da tomada de decisão e em particular a consideração dos estados de espírito, corresponde a um passo em frente no sentido de construir um simulador que corresponda melhor às expectativas dos seus utilizadores;
- Definição e especificação de um protocolo para a troca bilateral de argumentos, que permite reger as elocuições trocadas entre dois agentes;

- Aplicação da argumentação persuasiva à simulação da tomada de decisão em grupo e não à negociação como, genericamente, tem sido feito até ao presente;
- Definição de um conjunto de estratégias dinâmicas a seguir pelo agente participante, que caracterizamos como sendo dependentes do comportamento ou do objectivo. Estas estratégias, em conjunto com a informação que o agente tem representada na sua base de conhecimento, vão determinar o seu comportamento e formas de negociação/argumentação;
- Desenvolvimento de um protótipo, apresentado no capítulo seis, que implementa e concretiza o modelo proposto no capítulo cinco desta dissertação. O protótipo do simulador permitiu validar o modelo proposto, nomeadamente no que se refere às estratégias avançadas e à introdução da inteligência emocional na tomada de decisão.

7.2 Impacto e divulgação do trabalho realizado

O presente trabalho esteve na génese da submissão do projecto *ArgEmotionAgents* (projecto POSC/EIA/56259/2004) à FCT – Fundação para a Ciência e Tecnologia, que veio a ser aprovado com a classificação de Excelente, abordando temas como a argumentação, a Inteligência Artificial (com particular destaque para os agentes inteligentes), a inteligência emocional, a simulação e a tomada de decisão em grupo.

Em seguida apresentam-se as principais publicações realizadas no âmbito deste trabalho, e que se passam a enumerar:

- Em, “*Ambient Intelligence in Emotion Based Ubiquitous Decision Making*” (Marreiros et al., 2007b) apresenta-se uma proposta para um ambiente de decisão inteligente. Este trabalho foi apresentado num *Workshop* do IJCAI (*International Joint Conference on Artificial Intelligence*);
- Em, “*Modelling group decision meeting participants with an Agent-based approach*” (Marreiros et al., 2007a) procedeu-se à identificação e caracterização dos principais intervenientes em processos de tomada de decisão em grupo. Este trabalho foi seleccionado para um número especial da revista *International Journal of Engineering Intelligent Systems*, dedicado ao suporte à decisão;

- Em, “*An Emotional Agent Based Simulator For Group Decision Making*” (Marreiros et al., 2006a) é apresentado o simulador desenvolvido, com particular destaque para a componente da inteligência emocional. Este trabalho foi publicado no livro *Knowledge and Decision Technologies*, Zita Vale, Carlos Ramos e Luiz Faria (Eds.), ISBN: 972-8688-39-3;
- Em, “*Multi-Agent Approach to Group Decision Making through Persuasive Argumentation*” (Marreiros et al., 2006c) é apresentado um protocolo de argumentação baseado em argumentos persuasivos, bem como é proposto um modelo para a geração, selecção e avaliação dos argumentos. Este trabalho foi apresentado na sexta conferência internacional de argumentação (*ISSA 2006, International conference on argumentation*);
- Em, “*Simulation of Group Decision Making through Emotive Agents*” (Marreiros et al., 2006d) é definido o perfil dos agentes participantes, sendo dada especial atenção ao seu comportamento em termos de estratégia;
- Em, “*A Formal Approach To Argumentation In Group Decision Scenarios*” (Marreiros et al., 2006b) é proposta uma abordagem formal, baseada em lógica, para representar o conhecimento dos agentes e para a avaliação dos argumentos. Este trabalho foi publicado no livro *Knowledge and Decision Technologies*, Zita Vale, Carlos Ramos e Luiz Faria (Eds.), ISBN: 972-8688-39-3;
- Em, “*An Agent-based Approach to Group Decision Simulation using Argumentation*” (Marreiros et al., 2006e) apresenta-se uma proposta para a arquitectura do simulador a desenvolver, bem como a abordagem utilizada para o tratamento da informação incompleta;
- Em, “*Multi-agent Approach for Ubiquitous Group Decision Support Involving Emotions*” (Santos et al., 2006) foi proposta uma arquitectura baseada em agentes para um Sistema de Apoio à Tomada de Decisão em Grupo ubíquo, onde o trabalho aqui descrito (simulador) é um dos componentes dessa arquitectura. Este trabalho foi publicado no livro *Ubiquitous Intelligence and Computing*; Jianhua Ma, Hai Jin, Laurence Tianruo e Yang, Jeffrey Tsai (Eds.), ISBN 3-540-38091-4;

- Em, “*Agent Based Simulation for Group Formation*” (Marreiros et al., 2005a) é defendida a adequação das metodologias de resolução de problemas baseadas em agentes, à simulação do comportamento de grupos de indivíduos a trabalhar em parceria. É ainda proposto um modelo para a simulação da formação de grupos, que redefine os grupos de forma a maximizar a qualidade da informação que o grupo detém sobre a área do conhecimento onde o problema em equação se enquadra;
- Em, “*Emotion and Group Decision Making in Artificial Intelligence*” (Marreiros et al., 2005b) é discutida a influência dos processos emotivos tanto ao nível da tomada de decisão individual como em grupo. Este trabalho foi incluído no livro *Cognitive, Emotive and Ethical Aspects of Decision-Making in Humans and in AI*, Iva Smit; Wendell Wallach e George Lasker (Eds.), ISBN 1-894613-86-4;
- Em, “*Dealing with Emotional Factors in Agent Based Ubiquitous Decision*” (Marreiros et al., 2005c) é apresentado um arquétipo para os agentes participantes, considerando a representação de aspectos emocionais nos processos de tomada de decisão. Este trabalho foi incluído no livro *Embedded and Ubiquitous Computing*, T. Enokido, L. Yan, B. Xiao, D. Kim, Y. Dai, e L. Yang (Eds.), ISBN: 978-3-540-30803-4.

Ao longo deste trabalho foram ainda desenvolvidos alguns protótipos meramente pontuais, com vista a estudar e analisar partes do modelo que propúnhamos, e que serviram de base para a implementação do protótipo apresentado no sexto capítulo.

Este trabalho foi ainda premiado pelo *International Institute for Advanced Studies in Systems Research and Cybernetics*, tendo-lhe sido atribuído o *IIAS Award of Merit* em reconhecimento do excelente trabalho apresentado na conferência “*International Conference on Systems Research, Informatics and Cybernetics – Special Focus Symposium on Cognitive, Emotive and Ethical Aspects of Decision-Making in Humans and in AI*” que decorreu na Alemanha em Agosto de 2005 (Marreiros et al., 2005b).

Tendo como base este trabalho e o projecto *ArgEmotionAgents*, foi elaborado e proposto à FCT um novo projecto: *AMBITION – AMBient Intelligence with*

emoTIONal behaviour for group interaction and support (Ambientes inteligentes com comportamento emocional para interacção e suporte a grupos). O projecto *AMBITION* visa construir sistemas ubíquos, em que os grupos e os sistemas sociais vão ser modelados através de agentes inteligentes, em que é considerada a inteligência emocional das partes, de modo a ter uma ideia das tendências possíveis nas interacções sociais ou em grupo. O paradigma dos Sistemas de Iniciativa Mista irá ser usado, permitindo desse modo que a iniciativa possa ser tomada por ambas as partes; i.e., o utilizador ou o sistema.

Ainda no decorrer da realização deste trabalho desenvolveram-se várias sinergias com outros investigadores, o que levou à participação na elaboração de outros projectos de investigação, sendo de mencionar:

- Ciência Jurídicas, onde se pretende utilizar conceitos de Telemática e de Inteligência Artificial na Resolução Alternativa de Conflitos;
- Mercado Competitivos, onde se pretende recorrer aos Sistemas Multiagente e à simulação baseada em agentes, como forma de suporte à formação de coligações de agentes. O trabalho a desenvolver será aplicado à formação de produtores virtuais no âmbito da produção distribuída nos mercados de electricidade.

7.3 Limitações e Trabalho Futuro

Muito trabalho se perspectiva no decurso do que já foi apresentado. O trabalho aqui descrito apresenta limitações (aliás, dificilmente um sistema pode ser considerado como acabado e completo), algumas das quais foram sendo apresentadas ao longo deste documento.

Em termos de perspectivas de trabalho futuro (que são em parte consequência das limitações do trabalho realizado), tem-se como objectivo estender este trabalho, atendendo a que:

- O simulador desenvolvido enquadra-se, como já foi referido anteriormente, no âmbito do projecto *ArgEmotionAgents*. Actualmente o simulador funciona como ferramenta de treino, no contexto do *ArgEmotionAgents*. O simulador deverá ainda, para além do serviço que presta e em tempo real, ser capaz de

sugerir o argumento a enviar a determinado participante (Santos et al., 2006; Marreiros et al., 2007b);

- Actualmente na construção do perfil dos agentes já é considerado o conceito de credibilidade, que denota a crença que determinado agente detém sobre a credibilidade dos seus pares. No entanto, parece-nos ser também de extrema importância a consideração da reputação, no processo de construção do perfil de determinado agente. A reputação pode ser medida, com base em diferentes dimensões (Sabater e Sierra, 2002):
 - Individual – que se baseia no contacto directo entre dois agentes;
 - Social – que se baseia em diferentes aspectos que se passam a enumerar:
 - Conhecimento adquirido a partir de terceiros, i.e., o agente *A* determina a reputação do agente *B* tendo por base o que o agente *C* e *D* pensam sobre a reputação do agente *B*;
 - Reputação da vizinhança, i.e., a reputação de determinado agente é influenciada pela reputação dos agentes que se encontram na sua vizinhança (com características similares);
 - Reputação do sistema, i.e., a reputação atribuída pelo sistema a determinado agente, tendo em conta o papel que este tem dentro do sistema.
- Adaptação do modelo de formação de grupos proposto por Marreiros e os seus colegas (Marreiros et al., 2005a), com vista à sua futura inclusão no simulador desenvolvido. Como foi referido, no modelo que propomos os grupos são formados tendo em conta o perfil de cada um dos agentes participantes (de notar que dentro dos que satisfazem os requisitos, a selecção é realizada sem nenhum critério em particular). Parece-nos interessante conjugar esta selecção com a adaptação ao problema e ao tipo de conhecimento de que cada agente é detentor (Marreiros et al., 2005a), não tendo sido dado seguimento ao estudo unicamente devido à abrangência do tema que estava a ser considerado;
- Consideração do factor personalidade no modelo em análise, o que, no trabalho que aqui descrevemos, não foi contemplado;

- Neste trabalho elaborou-se um modelo de argumentação, que recorre à persuasão, embora os argumentos sejam elaborados com base no conhecimento que os agentes detêm sobre os seus pares e os seus respectivos objectivos. Não é tido em linha de conta o problema específico sobre o qual se estão a debruçar;
- Ainda no campo da argumentação seria interessante explorar os campos da visualização de argumentos, da validação (e.g., verificação da consistência) dos argumentos gerados pelos utilizadores de um Sistema de Apoio à Tomada de Decisão em Grupo, bem como dos mecanismos de avaliação dos argumentos, embora os que estudámos no âmbito do capítulo quarto e que se baseiam estritamente no conceito de vitória/derrota, nos pareçam um pouco desadequados à problemática da tomada de decisão em grupo;
- Construção de cenários de decisão que permitam, posteriormente, a experimentação e avaliação do simulador desenvolvido por um número significativo de pessoas. Espera-se desta forma obter informação que permita enriquecer o modelo que propomos para a modelação do processo de tomada de decisão em grupo;
- Análise do comportamento dos participantes durante as reuniões, procurando concluir se estão ou não a actuar de acordo com os seus perfis. Caso um participante esteja a actuar de modo bastante diferente do perfil, previsto poderão ser utilizadas duas tecnologias complementares: raciocínio abductivo, procurando concluir quais as razões que potencialmente poderão ter levado o participante a actuar do modo referido; e a aprendizagem automática, de modo a tentar reformular o perfil do referido utilizador;
- Neste trabalho apenas são considerados os processos que visam escolher uma de entre várias soluções. Contudo, na vida real há muitos processos nos quais se tentam soluções de compromisso, que combinem diferentes soluções. Esse modo de actuar pode ser visto como um modo de tentar atingir soluções mais consensuais. Contudo, o tratamento desta questão exige que se represente o conhecimento inerente ao domínio do problema a ser resolvido;
- O trabalho aqui descrito, concentra-se na fase da escolha do processo de tomada de decisão em grupo, não sendo abordada toda a fase prévia de

geração de ideias, i.e., geração de possíveis soluções para o problema em análise. Parece-nos, contudo, interessante analisar o suporte à geração de ideias para um dado problema e a forma de interacção com o simulador e com outras aplicações desenvolvidas no âmbito do *ArgEmotionAgent*, já referido em epígrafe;

- A Inteligência Ambiental dá agora os primeiros passos, não sendo de descurar o seu impacto na construção de Ambientes Inteligentes para a tomada de decisão (Ramos et al., 2006; Augusto et al., 2007; Horvitz, 2007). O projecto *ArgEmotionAgents* já representa um passo nesse sentido, no entanto muito ainda há a fazer, acreditamos que com o projecto *AMBITION*, que visa construir sistemas ubíquos capazes de exibir comportamentos inteligentes e ambientes inteligentes com comportamento emocional para interacção e suporte a grupos, será dado um importante avanço nesse sentido.

Como se depreende da dimensão desta secção há ainda imenso trabalho a fazer. Foram apresentadas perspectivas e sugestões de novos caminhos a percorrer, sendo alguns consequências directas das limitações do modelo de simulação proposto. Algumas das direcções apontadas para trabalho futuro têm dimensão e abrangência para novos trabalhos de Doutoramento ou Mestrado, que em alguns casos já se encontram a decorrer (Santos et al., 2006; Freitas et al., 2007), permitindo assim que este trabalho se multiplique.

REFERÊNCIAS

- [Abelha, 2004] – Abelha, A. (2004). Sistemas Multiagente como suporte a Trabalho Cooperativo em Unidades Hospitalares. Tese de Doutorado do Departamento de Informática da Escola de Engenharia da Universidade do Minho.
- [Allison, 1971] – Allison, G. T. (1971). *Essence of Decision: Explaining the Cuban Missile Crisis*. Boston, MA: Little Brown.
- [Almeida e Marreiros, 2006] – Almeida, A. e Marreiros, G. (2006). An Approach to Collaborative Scheduling Through Group Decision Support. *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics* Vol.10, No.4, pp. 479-485.
- [Amgoud et al., 2000] – Amgoud, L. ; Parsons, S. e Maudet, N. (2000). Arguments, dialogue, and negotiation. 14th European Conference on Artificial Intelligence, ECAI'2000, Berlin, Germany, 20-25 August 2000. IOS Press, pp. 338-342.
- [Amgoud et al., 2005] – Amgoud, L.; Bonnefon, J. e Prade, H. (2005). An Argumentation-Based Approach to Multiple Criteria Decision. *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 3571, pp. 269-280.
- [Amgoud et al., 2006] – Amgoud, L. e Hameurlain, N. An argumentation-based framework for designing dialogue strategies. 17th European Conference on Artificial Intelligence, ECAI'06, Riva del Garda, Itália, 2006.
- [Analide, 2004] – Analide, C. (2004). Antropopatia em Entidades Virtuais. Tese de doutoramento do Departamento de Informática da Escola de Engenharia da Universidade do Minho.
- [Arnold, 1960] – Arnold, M. (1960). *Emotion and Personality*. NY: Columbia University Press.
- [Atkinson et al., 2006] – Atkinson, K.; Bench-Capon, T. e McBurney, P. (2006). Computational representation of practical argument. *Synthese/Knowledge, Rationality and Action* (In press).
- [Augusto et al., 2007] – Augusto, J.; McCullagh, P.; McClelland, V e Walkden, J. (2007). Enhanced Healthcare Provision through Assisted Decision Making in a Smart Home Environment. *Proc. Artificial Intelligence Techniques for Ambient Intelligence*, pp. 27-32, IJCAI'07 – Twentieth International Joint Conference on Artificial Intelligence. Hyderabad, India, 2007.

- [Bales e Cohen, 1979] – Bales, R. F. e Cohen, S. P. (1979). SYMLOG: A System for the Multiple Level Observation of Groups. The Free Press, New York, USA.
- [Bard, 1934] – Bard, P. (1934). On emotional expression after decortication with some remarks on certain theoretical views, parts 1 and 2. *Psychological Review*, Vol. 41, pp. 309-329, pp. 424-449.
- [Barsade, 2002] – Barsade, S. G. (2002). The Ripple Effect: Emotional Contagion and Its Influence on Group Behavior. *Administrative Science Quarterly*, vol. 47, pp. 644-675.
- [Bates et al., 1992] – Bates, J.; Loyall, A. e Reilly, W. (1992). An architecture for action, emotion and social behavior. 4th European Workshop on Modeling Autonomous Agents in a Multi-Agent World.
- [Bazzan et al., 2002] – Bazzan, A.; Adamatti, D. e Bordini, R. (2002). Extending the Computational Study of Social Norms with a Systematic Model of Emotions. *Lecture Notes in Computer Science*. Springer-Verlag, Vol. 2507, pp. 108-117.
- [Bechara et al., 1997] – Bechara, A.; Damásio, H.; Tranel, D. e Damásio, A. (1997). Deciding advantageously before knowing the advantageous strategy. *Science*, Vol. 275, pp. 1293-1295.
- [Birnbaum et al., 1980] – Birnbaum, L.; Flowers, M. e McGuire, R. (1980). Towards an AI Model of Argumentation. *AAAI'80 - American Association for Artificial Intelligence*, pp. 313-315.
- [Bondarenko et al., 1997] – Bondarenko, A.; Dung, P.; Kowalski, R. e Toni, F. (1997). An Abstract, Argumentation Theoretic Approach to Default Reasoning. *Artificial Intelligence* Vol. 93, pp. 63-101.
- [Bonissone e Tong, 1985] – Bonissone, P. e Tong, R. (1985). Editorial: Reasoning with Uncertainty in Expert Systems. *International Journal of Man Machine Studies*, Vol. 22, pp. 241-250.
- [Botelho e Coelho, 2001] – Botelho, L.M. e Coelho, H. (2001). Machinery for artificial emotions. *Cybernetics and Systems*, Vol. 32, No. 5, pp. 465-506.
- [Bretton e Gauthier, 2001] – Bretton, P. e Gauthier, G (2001). Histórias das teorias da argumentação. Editorial Bizâncio.
- [Brito et al., 2003] – Brito, L.; Novais, P e Neves, J. (2003). The Logic Behind Negotiation: From Pre-Argument Reasoning to Argument-Based Negotiation. *Intelligent Agent Software Engineering*, Ed. Plekhanova V. Idea Group Publishing, ISBN 1-59140-046-5, Chapter 7, pp. 137-159.

- [Brooks, 1986] – Brooks, R.A. (1986). A robust layered control system for a mobile robot. *IEEE Journal of Robotics and Automation*, Vol. 2, No. 1, pp. 14-23.
- [Brooks, 1987] - Brooks, R. A. (1987). Intelligence without representation. Preprints of the Workshop on Foundations of Intelligence. MIT: Endicott House.
- [Bui e Yen, 1995] – Bui, T. e Yen, J. (1995). Negotiable Alternative Identifier (NAI) for negotiation Support – An Improved Algorithm. *International Conference on Decision Support Systems*, pp. 149-159.
- [Bui et al., 2002] – Bui, D.; Heylen, D.; Poel, M. e Nijholt, A. (2002). Parlee: An adaptive plan-based event appraisal model of emotions. *Lecture Notes in Computer Science*, Springer-Verlag, Vol. 2479, pp. 129-143.
- [Cannon, 1927] – Cannon, W. B. (1927). The James-Lange theory of emotion: A critical examination and an alternative theory. *American Journal of Psychology*, Vol. 39 pp.10-124.
- [Cao e Burstein, 1999] – Cao, P. e Burstein, F. (1999). An asynchronous group decision support system study for intelligent multicriteria decision making. *32nd Hawaii International Conference on Information System Sciences*.
- [Chavez e Maes, 1996] – Chavez, A. e Maes, P. (1996). Kasbah: An Agent MarketPlace for Buying and Selling Goods. *First International Conference on the Pratical Application of Intelligent Agents and Multi-Agent Technology*, London, UK.
- [Chen, 2000] – Chen, H. L. (2000). Developing a Dynamic Distributed intelligent Agent Framework Based on the Jini Architecture. Department of Computer Science and Electrical Engineering. Baltimore, University of Maryland Baltimore County.
- [Chesñevar et al., 2000] – Chesñevar, C.; Maguitman, A. e Loui, R. (2000). Logical Models of Argument. *ACM Computing Surveys*, Vol. 32, No. 4, pp. 337-383.
- [Coelho, 1994] – Coelho, H. (1994). *Inteligência Artificial em 25 lições*. Fundação Calouste Gulbenkian.
- [Cohen et al., 1972] – Cohen, M.; March, J. e Olsen, J. P. (1972). A garbage can model of organizational choice. *Administrative Science Quarterly*, Vol. 17, pp. 1-25.
- [Cohen et al., 1997] – Cohen, P.; Levesque, H. e Smith, I. (1997). On Team Formation. In J. Hintika and R. Tuomela, *Contemporary Action Theory*, Synthese.
- [Damásio, 1994] – Damásio, A. (1994). *O erro de Descartes: emoção, razão e cérebro humano*. Publicações Europa-América.

- [Damásio, 2000] – Damásio, A. (2000). O Sentimento de Si – O Corpo, a Emoção e a Neurobiologia. (Coleção Fórum da Ciência. Tradução do original inglês “The Feeling of What Happens” revista pelo autor). Mem Martins: Publicações Europa-América.
- [Davenport e Prusak, 1998] – Davenport, T e Prusak, L. (1998). Working knowledge – how organizations manage what they know. Harvard Business School Press.
- [Davis et al., 1976] – Davis, J.; Laughlin, P. e Komorita, S. (1976). The Social Psychology of Small Groups: Cooperative and Mixed-motive Interaction. Annual Review of Psychology, Vol. 27, pp. 501-541.
- [Dennis et al., 1996] – Dennis, A.; Quek, F. e Poothari, S. (1996). Using Internet to implement support for distributed decision Making. In Humphreys, P., Bannon, L. McCosh, A., Migliarese, P. and Pomerol, J-C (Eds.), Implementing Systems for Supporting Management Decision: Concepts, methods, and experiences, Chapman & Hall, UK, pp. 139-159.
- [DeSanctis e Gallupe, 1985] – DeSanctis, G e Gallupe, R. B. (1985). Group decision support systems: a new frontier. Database, Vol. 16, No. 2, pp. 3-10.
- [DeSanctis e Gallupe, 1987] – DeSanctis, G e Gallupe, R. B. (1987). A foundation for the study of group decision support systems. Management science Vol. 33, No. 5.
- [Descartes, 1649] – Descartes, R. (1989). The Passions of the Soul. Tradução de Stephen Voss. Cambridge: Hackett Publishing Company (Publicado originalmente em 1649).
- [Dias e Clímaco, 2005] – Dias, L.C. e Clímaco, J. N. (2005). Dealing with imprecise information in group multicriteria decisions: A methodology and a GDSS architecture. European Journal of Operational Research, Vol. 160, No. 2, pp. 291-307.
- [Dignum et al., 2000] – Dignum, F.; Dunin-Keplicz, B. e Verbrugge, R. (2000). Agent Theory for Team Formation by Dialogue. Agent Theories Architectures and Languages, pp. 150-166.
- [Dung, 1993] – Dung, P. (1993). An argumentation semantics for logic programming with explicit negation. 10th International Conference on Logic Programming, pp. 616-630. MIT Press.
- [Dung, 1995] – Dung, P. (1995). On the acceptability of arguments and its fundamental role in non-monotonic reasoning, logic programming and n-person games. Artificial Intelligence, Vol. 77, No. 2, pp. 321-357.
- [Durfee e Rosenchien, 1994] – Durfee, E. e Rosenschein, J. (1994). Distributed Problem

Solving and Multi-Agent Systems: Comparisons and Examples. 13th International Distributed Artificial Intelligence Workshop, pp. 94-104.

[Eemeren, 2003] – Eemeren, F. H (2003). A Glance behind the scenes: the state of the art in the study of argumentation. *Studies in communication sciences*, Vol. 3, No. 1.

[Elliot, 1992] – Elliot, C. (1992). The Affective Reasoner A process model of emotions in a multi-agent systems. Tese de doutoramento, Northwestern University, Evanston, Illinois.

[Elliot, 1994] – Elliott, C. (1994). Research problems in the use of a shallow artificial intelligence model of personality and emotion. *AAAI '94 – American Association for Artificial Intelligence*.

[Ellis et al., 2003] – Ellis, C.; Wainer, J. e Barthelmess, P. (2003). Agent-Augmented Meetings In: Agent supported cooperative work. Yiming Ye, Elizabeth Churchill ed. Kluwer Academic Publishers.

[El-Nasr et al., 2000] – El-Nasr, M.; Yen, J. e Ioerger, T.R. (2000). FLAME -Fuzzy Logic Adaptive Model of Emotions. *Autonomous Agents and Multi-agent systems*, Vol. 3, pp. 217-257.

[English, 1999] – English, L. P. (1999). Improving data warehouse and business information quality: Methods for reducing costs and increasing profits. Wiley, New York, NY.

[Faratin et al., 1998] – Faratin, P.; Sierra, C. e Jennings, N. (1998). Negotiation Decision Functions for Autonomous Agents. *International Journal of Robotics and Autonomous Systems*, Vol. 24 No. 3-4, pp. 159-182.

[Ferber, 1993] – Ferber, J. (1993). Modèle de Systèmes Multi-Agents: Du Réactif au Cognitive. *INFAUTOM'93*, pp. 26-56. Toulouse, France.

[Ferber, 1999] – Ferber, J. (1999). *Multi-Agent Systems: An Introduction to Distributed Artificial Intelligence*. Addison-Wesley.

[Ferguson, 1992] – Ferguson, I. (1992). *TouringMachines: An Architecture for Dynamic, Rational, Mobile Agents*. Tese de doutoramento, Computer Laboratory, University of Cambridge, UK.

[Finin e Weber, 1993] – Finin, T. e Weber, J. (1993). Specification of the KQML Agent-Communication Language. The DARPA Knowledge Sharing Initiative.

[Flowers et al., 1982] – Flowers, M.; McGuire, R. e Birnbaum, L. (1982). Adversary arguments and the logic of personal attacks. In Lehnert and Ringle (Eds.) *Strategies for Natural Language Processing*, LEA Press, pp. 275-294.

- [Forgas, 1995] – Forgas, J. P. (1995). Mood and judgment: The affect infusion model (AIM). *Psychological Bulletin*, Vol. 117, pp. 39-66.
- [Fox e Das, 1996] – Fox, J. e Das, S. (1996). A unified framework for hypothetical and practical reasoning (2): lessons from medical applications. In Gabbay, D., Ohlbach, H.J., (Eds.), *Practical Reasoning*, Springer Verlag, Berlin pp. 73-92.
- [Fox e Parsons, 1998] – Fox, J e Parsons, S. (1998). Arguing about beliefs and actions. *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, Vol. 1445.
- [Fox et al., 1992] – Fox, J.; Krause, P. e Ambler, S. (1992). Arguments contradictions and practical reasoning. 10th European Conference on Artificial Intelligence (ECAI), pp. 623-627.
- [Franklin et al., 1996] – Franklin, S. e Graesser, A. (1996). Is it an Agent, or just a Program?: A Taxonomy for Autonomous Agents. *International Workshop on Agent Theories*, Springer-Verlag.
- [Freitas et al., 2007] – Freitas, C.; Marreiros, G. e Ramos, C. (2007). IGTAI - An Idea Generation Tool for Ambient Intelligence. 3rd IE International Conference on Intelligent Environments (IE'07), Ulm, Alemanha, Setembro de 2007.
- [French e Raven, 1959] – French, J. E; Raven, B.H. (1959). The bases of social power. In: Cartwright, Dorwin (ed). *Studies in social power*. The University of Michigan, pp. 150-167.
- [Frijda, 1996] – Frijda, N.H. (1986). *The emotions*. New York: Cambridge University Press.
- [Gelfond e Lifschitz, 1991] – Gelfond, M. e Lifschitz, V. (1991). Classical Negation in Logic Programs and Disjunctive Databases. *New Generation Computing*, Vol. 9, pp. 365-385.
- [Genesereth e Fikes, 1992] – Genesereth, M. e Fikes, R. (1992). *Knowledge Interchange Format – Version 3 – Reference Manual*, Stanford University, Logic Group, Logic-92-1, Stanford, CA.
- [Goleman, 1995] – Goleman, D. (1995). *Emotional Intelligence*. New York: Bantam Books.
- [Gordon et al., 1997] – Gordon, T. e Karacapilidis, N. (1997). The Zeno Argumentation Framework. 6th International Conference on Artificial Intelligence and Law. Melbourne, Austrailia, pp. 10-18, ACM Press.
- [Gordon et al., 2001] – Gordon, T.; Voss, A.; Richter, G. e Märker, O. (2001). Zeno: Groupware for Discourses on the Internet. *Künstliche Intelligenz*, Vol. 15, No. 2, pp. 43-45.
- [Grasso, 2002] – Grasso, F. (2002). Towards Computational Rhetoric. *Informal Logic Journal*, Vol. 22, No. 3, pp. 225-259.

- [Gratch, 2000] – Gratch, J. (2000). Emile: Marshalling passions in training and education. In C. Sierra, M. G. and Rosenschein, J. S. (Eds.), Proc. of the Fourth International Conference on Autonomous Agents, pp. 325-332, Barcelona, Catalonia, Spain. ACM Press.
- [Gruber, 1991] – Gruber, T.R. (1991). The Role of Common Ontology in Achieving Sharable, Reusable Knowledge Bases. Second International Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning (KR'91), Cambridge, Massachusetts, U.S.A..
- [Hackman e Morris, 1975] – Hackman, J. e Morris, C. (1975). Group Tasks, Group Interaction Process, and Group Performance Effectiveness: A Review and Proposed Integration. *Advances in Experimental Social Psychology*, Vol. 8, Academic Press, New York, pp. 47-99.
- [Herrera et al., 2001] – Herrera, F.; Herrera-Viedma, E. e Chiclana, F. (2001). Multiperson decision-making based on multiplicative preference relations. *European Journal of Operational Research*, Vol. 129, No. 2.
- [Hewitt et al., 1973] – Hewitt, C.; Bishop, P. e Steiger, R. (1973). A Universal Modular ACTOR Formalism for Artificial Intelligence. *International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI'73)*, pp. 235-245.
- [Holsapple e Whinston, 2001] – Holsapple, C.W.; Whinston, A.B. (2001). *Decision Support Systems: A knowledge-Based Approach*. Thomson Learning, inc.
- [Horvitz, 2007] – Horvitz, E. (2007). Machine Learning, Reasoning, and Intelligence in Daily Life: Directions and Challenges. Proc. Artificial Intelligence Techniques for Ambient Intelligence, pp. 8-13, IJCAI'07 – Twentieth International Joint Conference on Artificial Intelligence. Hyderabad, India, 2007.
- [Huang et al., 1995] – Huang, J.; Jennings, N.; e Fox, J. (1995). An agent architecture for distributed medical care. In Wooldridge, M. and Jennings, N. (Eds.), *Intelligent Agents: Theories, Architectures, and Languages (LNAI Vol. 890)*, pp. 219-232. Springer-Verlag: Heidelberg, Germany.
- [Huang et al., 1999] – Huang, K.; Lee, Y.; Wang, R. (1999). *Quality Information and Knowledge*. Prentice Hall PTR, New Jersey, USA.
- [Huber, 1982a] – Huber, G. P. (1982). Decision Support Systems: Their Present Nature and Future Applications. In: Ungson, G.R. & Braunstein, D.N. (Eds.), *Decision Making: an Interdisciplinary Inquiry*, Boston: Kent Publ. Company.
- [Huber, 1982b] – Huber, G. P. (1982). Group decision support systems as aids in the use of structured group management techniques. Proc. of second international conference on

decision support systems, San Francisco.

[Huber, 1984] – Huber, G.P. (1984). Issues in the design of group decision support systems. *MIS Quarterly*, pp. 195-204.

[Isen et al., 1987] – Isen, A.; Daubman, K.; e Nowicki, G. (1987). Positive affect facilitates creative problem solving. *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 52, No. 6, pp. 1122-1131.

[Isen, 1987] – Isen, A. M. (1987). Positive affect, cognitive processes, and social behavior. In L. Berkowitz (Ed.), *Advances in experimental social psychology*, Vol. 20, pp. 203-253. San Diego, CA: Academic Press.

[Isen, 1993] – Isen, A. M. (1993). Positive Affect and Decision Making. *Handbook of Emotions*. Lewis, M. & Haviland, J. (Eds.). The Guilford Press: New York, pp. 261-277.

[Ito e Shintani, 1997] – Ito, T.; Shintani e T. (1997). Persuasion among agents: An approach to implementing a group Decision Support System based on multi-agent negotiation. 15th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI'97), pp. 592-599.

[James, 1884] – James, W. (1884). What is an emotion? *Mind*, Vol. 9, pp. 188-205.

[Jennings e Wooldridge, 1998] – Jennings, N. e Wooldridge, M. (1998). *Agent Technology: Foundations, Applications and Markets*. Applications of Intelligent Agents. Jennings e Wooldridge (Eds.), Springer-Verlag.

[Jennings et al., 1998a] – Jennings, N.; Sycara, K. e Wooldridge, M. (1998). A Roadmap of Agent Research and Development. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, Hingham, MA, Vol. 1, No.1, pp. 7-38.

[Jennings et al., 1998b] – Jennings, N.; Parsons, S.; Noriega, P. e Sierra, C. (1998). On Argumentation-Based Negotiation. *International Workshop on Multi-Agent Systems*, Boston, USA.

[Jennings et al., 2001] – Jennings, N.; Faratin, P.; Lomuscio, A.; Parsons, S.; Sierra, C. e Wooldridge, M. (2001). Automated Negotiation: Prospects, Methods and Challenges. *International Journal of Group Decision and Negotiation*, Vol. 10, No. 2, pp. 199-215.

[Johnson et al., 2000] – Johnson, W.; Rickel, J.; Lester, J. (2000). Animated Pedagogical Agents: Face-to-Face Interaction in Interactive Learning Environments. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, Vol. 11, pp. 47-78.

[Joshi, 2001] – Joshi, K. (2001). A Framework to Study Knowledge Management Behaviors during Decision Making. 34th Hawaii International Conference on System Sciences

(HICSS'34), Vol. 4, pp. 4024.

[Juran e Gryna, 1999] – Juran, J. e Gryna, F. (1999). *Juran's Quality Control Handbook*, 5th ed McGraw-Hill.

[Karacapilidis e Papadias, 2001] – Karacapilidis, N. e Papadias, D. (2001). Computer supported argumentation and collaborative decision making: The Hermes system. *Information Systems*, Vol. 26, No. 4, pp. 259-277.

[Karlins e Abelson, 1970] – Karlins, M. e Abelson, H. (1970). *Persuasion: How opinions and attitudes are changed*. Springer Publishing Company, Inc., second edition.

[Keeney e Raiffa, 1993] – Keeney, R. e Raiffa, H. (1993). *Decisions with multiple objectives: Preferences and value tradeoffs*. Cambridge University Press.

[Kraemer e King, 1988] – Kraemer, K. e King, J. (1988). Computer-based systems for cooperative work and group decision support. *ACM Computing Surveys*, Vol. 20, No. 2, pp. 115-146.

[Kraus et al., 1998] – Kraus, S.; Sycara, K. e Evenchik, A. (1998). Reaching agreements through argumentation: a logical model and implementation. *Artificial Intelligence*, Vol. 104, No. 1, pp. 1-69.

[Kraus, 2001] – Kraus, S. (2001). *Automated Negotiation and Decision Making in Multiagent Environments*. *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, Vol. 2086, pp. 150-172.

[Krause et al., 1995] – Krause, P.; Ambler, S.; Elvang-Gøransson, M. e Fox, J. (1995). A Logic of Argumentation for Reasoning under Uncertainty. *Computational Intelligence*, Vol. 11, pp. 113-131.

[Kudenko et al., 2003] – Kudenko, D.; Bauer, M. e Dengler, D. (2003). Group decision making through mediated discussions. 10th International conference on user modeling (UM'03).

[Kull, 1982] – Kull, D. (1982). Group Decisions: Can computer Help. *Computer Decisions* Vol. 14, No. 5 in Holsapple, C.W.; Whinston, A.B. (2001). *Decision Support Systems: A knowledge-Based Approach*. Thomson Learning, inc.

[Kumaran, 2001] – Kumaran, I. (2001). *Jini Technology: An Overview*. Prentice Hall.

[Kwok et al., 2002] – Kwok, R.; Ma, J. e Zhou, D. (2002). Improving group decision making: a fuzzy GSS approach, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C*, Vol. 32, No. 1, pp. 54-63.

- [Labrou e Finin, 1997] – Labrou, Y. e Finin, T. (1997). Semantics and Conversations for an Agent Communication Language. Readings in Agents, editado por Michael Huhns e Munindar Singh, Morgan Kaufmann Publishers, pp. 235-242.
- [Lange e Oshima, 1998] – Lange, D. e Oshima, M. (1998). Programming and Deploying Java Mobile Agents with Aglets, Addison Wesley, Reading, MA.
- [Lange, 1885] – Lange, C. (1885). The emotions. Reprinted in The Emotions, Lange and James (Eds.) New York: Harner Publishing Co. 1967.
- [Larsson e Hayes, 1998] – Larsson, J. E. e Hayes, B. (1998). Guardian: an intelligent autonomous agent for medical monitoring and diagnosis. IEEE Intelligent Systems, Vol. 13, No. 1, pp. 58-64.
- [Laughlin, 1980] – Laughlin, P. R. (1980). Social Combination Processes of Cooperative, Problem-Solving Groups as Verbal Intellectual Tasks. Progress in Social Psychology, Vol. 1.
- [Lazarus, 1966] – Lazarus, R.S. (1966). Psychological stress and the coping process. New York: McGraw Hill.
- [Lazarus, 1991] – Lazarus, R.S. (1991). Progress on a cognitive-motivational-relational theory of emotion. American Psychologist, Vol. 46, pp. 819-834.
- [LeDoux, 2000] – LeDoux, J. (2000). Cognitive-Emotional Interactions: Listen to the Brain. In Lane, R., Nadel, L. (Eds.), Cognitive Neuroscience of Emotion pp. 129-155. Oxford Univ. Press.
- [LeDoux, 1996] – LeDoux, J. (1996). The Emotional Brain: The Mysterious Underpinnings of Emotional Life. Simon and Schuster, New York.
- [Lee et al., 2002] – Lee, Y.; Strong, D.; Kahn, B. e Wang, R. (2002). AIMQ: A methodology for information quality assessment. Information & Management, Vol. 40, pp. 133-146.
- [Lerner e Keltner, 2000] – Lerner, J. S.; Keltner, D. (2000). Beyond Valence: Toward a model of emotion specific influences on judgment and choice. Cognition and emotion, Vol. 14, No. 4, pp. 473-493.
- [Lewis, 1982] – Lewis, L.F. (1982). Facilitator: A microcomputer decision support systems for small groups. PhD dissertation, University of Louisville. In Holsapple, C.W.; Whinston, A.B. (2001). Decision Support Systems: A knowledge-Based Approach. Thomson Learning, inc.
- [Loewenstein e Lerner] – Loewenstein, G. e Lerner J. S. (2003). The role of affect in decision making. In R. Davidson, H. Goldsmith, & K. Scherer (Eds.), Handbook of Affective Science,

pp. 619-642. Oxford: Oxford University Press.

[Lootsma, 1998] – Lootsma, F. (1998). Prospects for MCDA in Groups. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, Vol. 7, No. 3, pp. 121-125.

[Ma et al., 2001] – Ma, J.; Zhang, Q.; Fan, Z.; Liang, J. e Zhou, D. (2001). An approach to multiple attribute decision making based on preference information on alternatives. 34th Hawaii International Conference on Information System Sciences.

[Madureira et al., 2006] – Madureira, A.; Gomes, N. e Santos, J. (2006). Cooperative Negotiation Mechanism for Agent Based Distributed Manufacturing Scheduling. *WSEAS Transactions on Systems*, Issue 12, Vol. 5, ISSN:1109-2777, pp. 2899-2904.

[Maes, 1991] – Maes, P. (1990). The Agent Network Architecture (ANA). *SIGART Bulletin*, Vol. 2, No. 4, pp. 115-120.

[Maes, 1994] – Maes, P (1994). Agents that reduce work and information overload. *Communications of the ACM*, Vol. 37, No. 7, pp. 31-40.

[Maes, 1996] – Maes, P. (1996). Intelligent Software: Programs That Can Act Independently Will Ease the Burdens that Computers Put on People, *IEEE Expert Systems*, Vol. 11, No. 6, pp. 62-63.

[Marakas, 1999] – Marakas, G. (1999). *Decision Support systems in the 21st century*. Prentice-Hall, Inc.

[Marreiros et al., 2004a] – Marreiros, G.; Sousa, J.P. e Ramos, C. (2004). WebMeeting – A Group Decision Support System for Multi-criteria Decision Problems. *International Conference on Knowledge Engineering and Decision Support*, Porto, Portugal (ICKEDS'04) pp. 63-70.

[Marreiros et al., 2004b] – Marreiros, G.; Ramos, C. e Neves, J. (2004). Defining a model for agent-based participant support in group decision meeting. *International Conference on Knowledge Engineering and Decision Support (ICKEDS'04)*, pp. 71-77.

[Marreiros et al., 2005a] – Marreiros, G.; Santos, R.; Ramos, C. e Neves, J. (2005). Agent Based Simulation for Group Formation. *19th European Simulation Multi-Conference (SCS-ESM 2005)*, Letónia pp. 521-526.

[Marreiros et al., 2005b] – Marreiros, G.; Ramos, C. e Neves, J. (2005). Emotion and Group Decision Making in Artificial Intelligence. *Cognitive, Emotive and Ethical Aspects of Decision-Making in Humans and in AI*, Vol. 4, pp. 41-46. Iva Smit; Wendell Wallach; George Lasker (Eds.), ISBN 1-894613-86-4.

- [Marreiros et al., 2005c] – Marreiros, G.; Ramos, C. e Neves, J. (2005). Dealing with Emotional Factors in Agent Based Ubiquitous Decision. Lecture Notes in Computer Science, Vol. 3823, pp. 41-50, ISBN: 3-540-30803-2.
- [Marreiros et al., 2006a] – Marreiros, G.; Ramos, C. e Neves, J. (2006). An Emotional Agent Based Simulator For Group Decision Making. Knowledge and Decision Technologies. Zita Vale, Carlos Ramos and Luiz Faria (Eds.), pp. 143-149, ISBN: 972-8688-39-3.
- [Marreiros et al., 2006b] – Marreiros, G.; Novais, P.; Machado, P.; Ramos, C.; Neves, J. (2006). A Formal Approach To Argumentation In Group Decision Scenarios. Knowledge and Decision Technologies. Zita Vale, Carlos Ramos and Luiz Faria (Eds.), pp. 135-141, ISBN:972-8688-39-3.
- [Marreiros et al., 2006c] – Marreiros, G.; Ramos, C. e Neves, J. (2006). Multi-Agent Approach to Group Decision Making through Persuasive Argumentation. 6th International conference on argumentation (ISSA 2006).
- [Marreiros et al., 2006d] – Marreiros, G.; Ramos, C. e Neves, J. (2006). Simulation of Group Decision Making through Emotive Agents. 18th International Conference on Systems Research, Informatics and Cybernetics – Special Focus Symposium on Cognitive, Emotive and Ethical Aspects of Decision-Making in Humans and in AI. Baden-Baden.
- [Marreiros et al., 2006e] – Marreiros, G.; Novais, P.; Machado, J.; Ramos, C. e Neves, J. (2006). An Agent-based Approach to Group Decision Simulation using Argumentation. Agent-Based Computing: Workshop III–ABC 2006. Wisla, Polónia, 6-10 Novembro.
- [Marreiros et al., 2007a] – Marreiros, G.; Ramos, C. e Neves, J. (2007). Modelling group decision meeting participants with an Agent-based approach. International Journal of Engineering Intelligent Systems (Aceite para publicação).
- [Marreiros et al., 2007b] – Marreiros, G.; Santos, R.; Ramos, C.; Neves, J. Novais, P.; Machado, J. e Bulas-Cruz, J. (2007). Ambient Intelligence in Emotion Based Ubiquitous Decision Making. Proc. Artificial Intelligence Techniques for Ambient Intelligence, pp. 86-91, IJCAI'07 – Twentieth International Joint Conference on Artificial Intelligence. Hyderabad, India.
- [Mateas, 2002] – Mateas, M. (2002). Interactive Drama, Art, and Artificial Intelligence, Ph.D. Thesis, School of Computer Science, Carnegie Mellon University, USA.
- [McBurney e Parsons, 2004] – McBurney, P. e Parsons, S. (2004). Locutions for argumentation in agent interaction protocols. Lecture Notes in Artificial Intelligence, Vol. 3396, pp. 209-225.

- [McCarthy, 1980] – McCarthy, J. (1980). Circumscription – a form of nonmonotonic reasoning. *Journal of Artificial Intelligence*, Vol. 13, pp. 27-39.
- [McGee e Prusak, 1994] – McGee, J. e Prusak, L. (1994). *Managing Information Strategically*. New York: Wiley.
- [McGrath, 1984] – McGrath, J.E. (1984). *Groups: interaction and Performance*. Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice Hall.
- [Mellers et al., 1997] – Mellers, B.; Schwartz, A.; Ho, K. e Ritov, I. (1997). Decision affect theory: Emotional reactions to the outcomes of risky options. *Psychological Science*, Vol. 8, pp. 423-429.
- [Minsky, 1985] – Minsky, M. (1985). *The Society of the Mind*. New York: Simon and Schuster.
- [Mintzberg et al., 1976] – Mintzberg, H.; Raisinghani, D. e Theoret, A. (1976). The Structure of “Unstructured” Decision Processes. *Administrative Science Quarterly*, Vol. 21, No. 2, pp. 347-356.
- [Moore e Isen, 1990] – Moore, B. e Isen, A. (1990). Affect and social behavior. In B. S. Moore&A.M. Isen (Eds.), *Affect and social behavior* (pp. 1-21). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- [Morge, 2004] – Morge, M. (2004). Computer supported argumentation-based joint deliberation. In *Proc. of the ECAI-2004, Workshop on Computational Models of Natural Argument*.
- [Moulin et al., 2002] – Moulin, B; Irandoust, H. ; Bélanger, M. e Desbordes, G. (2002). Explanation and Argumentation Capabilities: Towards the Creation of More Persuasive Agents. *Artificial Intelligence Review*, Vol. 17, pp. 169-222.
- [Mui et al., 2002] – Mui, L.; Mohtashemi, M. e Halberstadt, A. (2002). A computational model of trust and reputation. *35th Hawaii International Conference on Information System Sciences*.
- [Müller, 1996] – Müller, J. (1996). *The Design of Intelligent Agents: A Layered Approach*. Springer-Verlag.
- [Müller, 1997] – Müller, J. (1997). A cooperation model for autonomous agents. In Wooldridge, M., Jennings, N. (Eds.), *Intelligent Agents III*, 245-260. Springer.
- [Neumann e Strack, 2000] – Neumann, R. e Strack, F. (2000). Mood contagion: The automatic transfer of mood between persons. *Journal of Personality and Social Psychology*,

Vol. 79, pp. 211-223.

[Neves, 1984] – Neves, J. (1984). A Logic Interpreter to Handle Time and Negotiation in Logic Databases. Proc. of the ACM 1984 Annual Conference. San Francisco, California, USA.

[Novais et al., 2004] – Novais, P.; Analide, C.; Machado, J. e Neves, J. (2004). Reputation and Trust in the context of Logic-based Argumentation. International Conference on Knowledge Engineering and Decision Support, Portugal.

[Novais, 2003] – Novais, P. (2003). Teoria dos Processos de Pré-Negociação em Ambientes de Comércio Electrónico. Tese de doutoramento. Departamento de Informática, Universidade do Minho.

[Nunamaker et al., 1991] – Nunamaker, J.; Dennis, A. ; Valacich, A.; Vogel, D. e George, J. (1991). Electronic Meeting Systems to support group work. Communications of the ACM, Vol. 34, No. 7.

[Nwana e Wooldridge, 1997] – Nwana, H. e Wooldridge, M. (1997). Software Agent Technologies. British Telecommunications Technology Journal, Vol. 4, No. 14, pp. 16-27.

[Nwana, 1996] – Nwana, H. (1996). Software Agents: An Overview. Knowledge Engineering Review, Vol. 11, No. 3, pp. 1-40.

[O’Keefe, 1990] – O’Keefe, D. J. (1990). Persuasion: Theory and Research. SAGE Publications.

[Ortony et al., 1988] – Ortony, A.; Clore, C.; Collins, A. (1988). The Cognitive structure of emotion. Cambridge University Press.

[Ortony, 2003] – Ortony, A. (2003). On making believable emotional agents believable, In R. P. Trappell, P. (Ed.), Emotions in humans and artefacts. Cambridge: MIT Press.

[Osborn, 1953] – Osborn, A. (1953). Applied imagination. Charles Scribner’s Sons, New York.

[Paiva et al., 2001] – Paiva, A.; André, E.; Arafa, Y. ; Botelho, L.; Costa, M.; Figueiredo, P.; Gebhard, P.; Höök, K.; Mamdani, A.; Martinho, C.; Mourão, D.; Petta, P.; Sengers, P. e Vala, M. (2001). SAFIRA – Supporting Affective Interactions in Real-time Applications. CAST – Living in mixed realities, Special Issue of netzpannung.org/journal.

[Parkinson, 1996] – Parkinson, B. (1996). Emotions are social. British Journal of Psychology, Vol. 82, pp. 663-683.

- [Parsons et al., 1998] – Parsons, S. ; Sierra, C.; Jennings, N. (1998). Agents that reason and negotiate by arguing. *Journal of Logic and Computation*, Vol. 8 No. 3 pp. 261-292.
- [Parsons, 1996] – Parsons, S. (1996). Current Approaches to Handling Imperfect Information in Data and Knowledge Bases. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, Vol. 8, No. 3, pp. 353-372.
- [Perelman e Olbrechts-Tyteca, 1958] – Perelman C. e Olbrechts-Tyteca, L. (1958). *The New Rhetoric: a treatise on argumentation*. University of Notre Dame Press, Notre Dame, Indiana (1969). (Transl. Of *La Nouvelle Rhétorique: Traité de l’argumentation* Presses Universitaires de France, Paris, 1958).
- [Perelman, 1993] – Perelman, C. (1993). *O império retórico. Retórica e argumentação*, Lisboa Edições Asa.
- [Picard, 1997] – Picard, R. (1997). *Affective Computing*. MIT Press, Cambridge, MA.
- [Picard, 2003] – Picard, R. (2003). What does it mean for a computer to have emotions? in *Emotions in Humans and Artifacts*, ed. by R. Trappl, P. Petta and S. Payr. MIT Press.
- [Poslad et al., 2000] – Poslad, S.; Bourne, S.; Hayzelden, L. e Buckle, P. (2000). *Agent Technology for Communications Infrastructure: An Introduction*. Agent Technology for Communications Infrastructure. John Wiley and Sons.
- [Praça et al., 2003] – Praça, I.; Ramos, C.; Vale, Z.; Cordeiro, M. (2003). MASCEM: A Multi-Agent System that Simulates Competitive Electricity Markets, *IEEE Intelligent Systems – Special Issue on Agents and Markets*, Vol. 18, No. 6, pp. 54-60.
- [Prakken e Sartor, 1997] – Prakken, H.; Sartor, G. (1997). Argument-Based Extended Logic Programming with Defeasible Priorities. *Journal of Applied Non-Classical Logics*, Vol. 7, No. 1, pp. 25-75.
- [Prakken e Sartor, 1999] – Prakken, H. e Sartor, G. (1999). A System for Defeasible Argumentation, with Defeasible Priorities. *Artificial Intelligence Today*, pp.365-379.
- [Prakken e Sartor, 2004] – Prakken H. e Sartor, G. (2004). The three faces of defeasibility in the law. *Ratio Juris*, Vol. 17, No. 1, pp. 118-139.
- [Prakken e Vreeswijk, 2002] – Prakken, H. e Vreeswijk, G. (2002). Logics for Defeasible Argumentation. In Vol. 4 of D. Gabbay and F. Guenther (Eds.), *Handbook of Philosophical Logic*, second edition, pp. 218-319. Kluwer Academic Publishers.
- [Pruitt, 1981] – Pruitt, D. G. (1981). *Negotiation Behavior*. Academic Press, New York, N.Y.

- [Raghunathan e Pham] – Raghunathan, R. e Pham, M. T. (1999). All negative moods are not equal: Motivational influences of anxiety and sadness on decision making. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, Vol. 79, No. 1, pp. 56-77.
- [Rahwan et al., 2003] – Rahwan, I.; Ramchurn, S.; Jennings, N.; McBurney, P.; Parsons, S. e Sonenberg, L. (2003). Argumentation-based negotiation. *Knowledge Engineering Review*, Vol. 18, No. 4, pp. 343-375.
- [Rahwan et al., 2004] – Rahwan, I.; Sonenberg, L. e Dignum, F.(2004). On Interest-Based Negotiation. *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, Vol. 2922, pp. 383-401, Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- [Rahwan et al., 2006] – Rahwan, I. e Amgoud, L. (2006). An Argumentation-based Approach for Practical Reasoning. *5th International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS)*, Hakodate, Japan, ACM Press, New York, USA, pp. 347-354.
- [Raifa, 1982] – Raifa, H. (1982). *The Art and Science of Negotiation*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- [Ramchurn et al., 2003] – Ramchurn, S.; Jennings, N. e Sierra, C. (2003). Persuasive negotiation for autonomous agents: A rhetorical approach. *Proc. IJCAI Workshop on Computational Models of Natural Argument*, Acapulco, Mexico.
- [Ramchurn et al., 2004] – Ramchurn, S.; Huyn, D. e Jennings, N. (2004). Trust in Multi-Agent Systems. *Knowledge Engineering Review*, Vol. 19, No.1, pp. 1-25.
- [Ramos et al., 2006] – Ramos, C.; Marreiros, G.; Sousa, P.; Marinho, J.; Santos, R.; Neves, J.; Abelha, A. e Machado, J. (2006). *AMBITION: Ambient Intelligence with Emotional Behaviour*. *Knowledge and Decision Technologies*. Zita Vale, Carlos Ramos and Luiz Faria (Eds.), pp. 337-344, ISBN:972-8688-39-3.
- [Reilly e Bates, 1992] – Reilly, W.; Bates, J. (1992). *Building Emotional Agents*. CMU-CS-92-143. Pittsburgh, PA: Carnegie Mellon University.
- [Rittel e Webber, 1973] – Rittel, H. e Webber, M. (1973). Dilemmas in a general theory of planning. *Policy Sciences*, pp. 155-169.
- [Roseman et al., 1990] – Roseman, I.; Spindel, M.; Jose, P. (1990). Appraisals of emotion-eliciting events: Testing a theory of discrete emotions. *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 59, pp. 899-915.
- [Rosenschein e Zlotkin, 1994] – Rosenschein, J. e Zlotkin, G. (1994). *Rules of Encounter: Designing Conventions for Automated Negotiation Among Computers*. MIT Press.

- [Russel e Norvig, 2003] – Russell, S., Norvig, P. (2003). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Prentice Hall.
- [Saaty, 1990] – Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, Vol. 48, No. 1, pp. 9-26.
- [Sabater e Sierra, 2002] – Sabater, J. e Sierra, C. (2002). Regret: a reputation model for gregarious societies. In C. Castelfranchi and L. Johnson (Eds.), *Proc. of the 1st Int. Joint Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, pp. 475-482.
- [Sadri et al., 2001] – Sadri, F.; Toni, F. e Torroni, P. (2001). Logic Agents, Dialogue, Negotiation – An Abductive Approach. *Proc. AISB Symposium on Information Agents for E-commerce*. M. Schroeder, K. Stathis (Eds.).
- [Sadri et al., 2002] – Sadri, F.; Toni, F. e Torroni, P. (2002). Abductive logic programming Architectures for negotiating agents. *JELIA 2002, Lecture Notes for Computer Science*, Vol. 2424, pp. 419-431.
- [Salancik e Pfeffer] – Salancik, G. R. e Pfeffer, J. (1977). Who Gets Power – And how they hold on to it–A Strategic Contingency Model of Power. *Organizational Dynamics*, Vol. 5, pp. 3-21.
- [Santos et al., 2006] – Santos, R.; Marreiros, G.; Ramos, C.; Neves, J. e Bulas-Cruz, J. (2006). Multi-agent Approach for Ubiquitous Group Decision Support Involving Emotions. Ma et al. (Eds.). *Lectures Notes for Computer Science*, Vol. 4159, pp. 1174-1185.
- [Schachter e Singer, 1962] – Schachter, S. e Singer, J. (1962). Cognitive, social, and physiological determinants of emotional state. *Psychological Review*, Vol. 69, pp. 379-399.
- [Schwartz, 1994] – Schwartz, R. (1994). *The Skilled Facilitator: Practical wisdom for developing effective groups*. Jossey-Bass Inc., Publishers.
- [Schwarz, 2000] – Schwarz, N. (2000). Emotion, cognition, and decision making. *Cognition and Emotion*, Vol. 14, No. 4, pp. 433-440.
- [Shaw, 1973] – Shaw, M. E. (1973). Scaling Group Tasks: A Method for Dimensional Analysis. *JSAS Catalog of Selected Documents in Psychology*, Vol. 3, pp. 8.
- [Sierra et al., 1998] – Sierra, C.; Jennings, N.; Noriega, P. e Parsons, S. (1998). A framework for argumentation-based negotiation. *Intelligent agents IV, Lecture Notes for Artificial Intelligence*, Vol. 1365, pp. 177-192.
- [Silva et al., 2006] – Silva, A.; Vale, Z. e Ramos, C. (2006). First International ICSC

Symposium on Artificial Intelligence in Energy Systems and Power (AIESP 06) Funchal, Island of Madeira, Portugal ISBN: 3906454-36-3 Copyright ICSC Academic Press Canada.

[Simon, 1960] – Simon, H. (1960). *The New Science of Management Decision*, Harper and Row, New York.

[Simon, 1997] – Simon, H. (1997). *Administrative behavior: a study of decision making process in administrative organizations* (4th edition). New York: Free Press.

[Sloman e Croucher, 1981] – Sloman, A. e Croucher, M. (1981). Why robots will have emotions. 7th International Joint Conference on Artificial Intelligence, pp. 197-202, Vancouver.

[Sousa et al., 2004] – Sousa, P.; Ramos, C. e Neves, J. (2004). The Fabricare System. *Production Planning & Control*, Vol. 15, No. 2, pp. 156-165. Taylor & Francis.

[Sprage e Carlson, 1982] – Sprage, R. e Carlson, E. (1982). *Building Effective Decision Support Systems*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.

[Staller e Petta, 1998] – Staller, A. e Petta P. (1998). Towards a Tractable Appraisal-Based Architecture for Situated Cognizers. In Canamero, D., Numaoka, C. & Petta, P. (Eds.), *Grounding Emotions in Adaptive Systems*, Workshop Notes, Fifth International Conference of the Society for Adaptive Behavior (SAB98, August 21, 1998) Zurich, Switzerland.

[Strong, 1997] – Strong, D. M. (1997). IT process designs for improving information quality and reducing exception handling: a simulation experiment. *Information & Management*, Vol. 31, No. 5, pp. 251-263.

[Sycara, 1989] – Sycara, K. (1989). Argumentation: Planning Other Agents' Plans. In Proc. of the Eleventh International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-89), Detroit, Mich.

[Sycara, 1990] – Sycara, K. (1990). Persuasive Argumentation in Negotiation. *Theory and Decision*, Vol. 28, No. 3, pp. 203-242.

[Thagard e Kroon, 2006] – Thagard, P.; Kroon, F. W. (2006). Emotional consensus in group decision making. *Mind & Society*, Vol. 5, pp. 1-20.

[Totterdell, 2000] – Totterdell, P. (2000). Catching moods and hitting runs: Mood linkage and subjective performance in professional sport teams. *Journal of Applied Psychology*, Vol. 85, pp. 848-859.

[Traylor e Gelfond, 1993] – Traylor, B., Gelfond, M. (1993). Representing Null Values in Logic Programming. Proc. of the ILPS'93 Workshop on Logic Programming with Incomplete

- Information, pp. 35-47, Vancouver, Canada.
- [Turban e Aronson, J. (1998)] – Turban, E.; Aronson, J. (1998). *Decision Support Systems and Intelligent Systems*. (5th edition). Prentice-Hall, Inc.
- [Velásquez, 1998] – Velásquez, J. (1998). Modeling emotion-based decision-making. In Dolores Cañanero (Ed.), *Proc. of the 1998 AAAI Fall Symposium Emotional and Intelligent: The Tangled Knot of Cognition*, pp. 164-169, Orlando, FL, USA.
- [Ventura, 2000] – Ventura, R. (2000). *Emotion-based Agents*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal.
- [Viamonte et al., 2006] – Viamonte, J.; Ramos, C; Rodrigues, F. e Cardoso, J. (2006). ISEM: A Multi-Agent Simulator For Testing Agent Market Strategies. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part C – Special Issue on Game-Theoretic Analysis and Stochastic Simulation of Negotiation Agents*, Vol. 36, No. 1, pp. 107-113.
- [Vreeswijk, 1997] – Vreeswijk, G. (1997). Abstract argumentation systems. *Artificial Intelligence*, Vol. 90, No. 1-2, pp. 225-279.
- [Walton e Krabbe, 1995] – Walton, D. e Krabbe, E. (1995). *Commitment in Dialogue. Basic Concepts of Interpersonal Reasoning*. State University of New York Press, Albany, NY.
- [Wang et al., 1994] – Wang, R.; Strong, D. e Guarascio, L. (1994). Data Consumers' Perspectives Of Data Quality. Total Data Quality Management (TDQM) Research program, Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology, USA, TDQM-94-01.
- [Weiss, 2000] – Weiss, G. (2000). Cognition, Sociability and Constraints. In *Balancing Reactivity and Social Deliberation in Multi-Agent Systems Workshop* held at the 14th European Conference on Artificial Intelligence, pp. 125-139.
- [Wooldridge e Jennings, 1994] – Wooldridge, M. e Jennings, N. (1994). Agent Theories, Architectures, and Languages: A Survey. In Wooldridge, M. and Jennings, N. (Eds.), *Proc. of the ECAI-Workshop on Agent Theories, Architectures and Languages*. Lecture Notes in Artificial Intelligence. Springer-Verlag.
- [Wooldridge e Jennings, 1995] – Wooldridge, M. e Jennings, N. (1995). Intelligent Agents: theory and practice. *The Knowledge Engineering Review*, Vol. 10, No. 2, pp. 115-152.
- [Wooldridge e Jennings, 1999] – Wooldridge, M. e Jennings, N. (1999). The Cooperative Problem Solving. *Journal of Logic and Computation*. Vol. 9, No. 4, pp. 563-593.
- [Wooldridge, 2002] – Wooldridge, M. (2002). *An Introduction to MultiAgent Systems*. John Wiley & Sons.

[Wurman et al., 1998] – Wurman, P.; Wellman, M. e Walsh, W. (1998). The Michigan Internet AuctionBot: A configurable auction server for human and software agents. In Second International Conference on Autonomous Agents, pp. 301-308.

[Yen e Bui, 1999] – Yen, J. e Bui, T. (1999). The negotiable alternatives identifier for group negotiation support. Applied Mathematics and Computation, Vol. 104, No. 2-3, pp. 259-276.

[Zachary e Ryder, 1997] – Zachary, W. e Ryder, J. (1997). Decision Support Systems: Integrating Decision Aiding and Decision Training. In M. G. Helander, Landauer, T.K., and Prabhu, P. (Ed.), Handbook of Human-Computer Interaction, 2nd Edition pp. 1235-1258, Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Science.

[Zeng e Sycara, 1996] – Zeng, D. e Sycara, K. (1996). How Can an Agent Learn to Negotiate?. Intelligent Agents III, J. P. Muller et al. (Eds.), pp. 233-244, Springer-Verlag.

Referências URL

- [AgentBuilder, URL] – AgentBuilder. <http://www.agentbuilder.com/>
- [Aglets, URL] – Aglets. <http://aglets.sourceforge.net/>
- [Eclipse, URL] – Eclipse - an open development platform. <http://www.eclipse.org/>
- [Edigma, URL] – Edigma.com. <http://www.edigma.com/>
- [Expert Choice, URL] – Expert Choice. <http://www.expertchoice.com/>
- [FIPA, URL] – The Foundation for Intelligent Physical Agents. <http://www.fipa.org>
- [GECAD, URL] – Grupo de Investigação em Engenharia do Conhecimento e Apoio à Decisão. <http://www.gecad.isep.ipp.pt/Gecad/>
- [GroupSystems, URL] – GroupSystems. <http://www.groupsystems.com/>
- [Infopédia, URL] – Dicionários e Enciclopédia em língua portuguesa. <http://www.infopedia.pt/>
- [JADE, URL] – Java Agent DEvelopment Framework. <http://jade.tilab.com/>
- [JATLite, URL] – Java Agent Template, Lite. <http://java.stanford.edu/>
- [Java, URL] – The Source for Java Developers. <http://java.sun.com/>
- [Mimio, URL] – Stanford Brands – Mimio. <http://www.mimio.com/>
- [OAA, URL] – Open Agent Architecture. <http://www.ai.sri.com/~oaa/>
- [Prolog, URL] – Sicstus Prolog. <http://www.sics.se/sicstus/>
- [Quake, URL] – Quake Game. <http://www.idsoftware.com/>
- [Ronin, URL] – RONIN Agent Framework. <http://ebiquity.umbc.edu/project/html/id/25/Ronin-Agent-Framework/>
- [SPSS, URL] – SPSS® for Windows. <http://www.spss.com/spss>
- [W3C, URL] – World Wide Web Consortium. <http://www.w3.org/>
- [Zeus, URL] – The ZEUS Toolkit. <http://www.labs.bt.com/projects/agents/zeus/>