

# **Desenvolvimento de uma framework de argumentação**

**Para apoio à tomada de decisão ubíqua**

**Diogo Emanuel Pereira Martinho**

**Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Engenharia Informática, Área de Especialização em  
Tecnologias do Conhecimento e Decisão**

**Orientador: Doutora Maria Goreti Carvalho Marreiros**

**Co-orientador: Mestre João Miguel Ribeiro Carneiro**

**Júri:**

Presidente:

Vogais:



*“Por mais difícil que a vida seja, existirá sempre algo que podemos fazer e ter sucesso.”*

Stephen Hawking



# Resumo

Os Sistemas de Apoio à Tomada de Decisão em Grupo (SADG) surgiram com o objetivo de apoiar um conjunto de decisores no processo de tomada de decisão.

Uma das abordagens mais comuns na literatura para a implementação dos SADG é a utilização de Sistemas Multi-Agente (SMA). Os SMA permitem refletir com maior transparência o contexto real, tanto na representação que cada agente faz do decisor que representa como no formato de comunicação utilizado.

Com o crescimento das organizações, atualmente vive-se uma viragem no conceito de tomada de decisão. Cada vez mais, devido a questões como: o estilo de vida, os mercados globais e o tipo de tecnologias disponíveis, faz sentido falar de decisão ubíqua. Isto significa que o decisor deverá poder utilizar o sistema a partir de qualquer local, a qualquer altura e através dos mais variados tipos de dispositivos eletrónicos tais como *tablets*, *smartphones*, etc.

Neste trabalho é proposto um novo modelo de argumentação, adaptado ao contexto da tomada de decisão ubíqua para ser utilizado por um SMA na resolução de problemas multi-critério.

É assumido que cada agente poderá utilizar um estilo de comportamento que afeta o modo como esse agente interage com outros agentes em situações de conflito. Sendo assim, pretende-se estudar o impacto da utilização de estilos de comportamento ao longo do processo da tomada de decisão e perceber se os agentes modelados com estilos de comportamento conseguem atingir o consenso mais facilmente quando comparados com agentes que não apresentam nenhum estilo de comportamento.

Pretende-se ainda estudar se o número de argumentos trocados entre os agentes é proporcional ao nível de consenso final após o processo de tomada de decisão.

De forma a poder estudar as hipóteses de investigação desenvolveu-se um protótipo de um SADG, utilizando um SMA. Desenvolveu-se ainda uma *framework* de argumentação que foi adaptada ao protótipo desenvolvido.

Os resultados obtidos permitiram validar as hipóteses definidas neste trabalho tendo-se concluído que os agentes modelados com estilos de comportamento conseguem na maioria das vezes atingir um consenso mais facilmente comparado com agentes que não apresentam nenhum estilo de comportamento e que o número de argumentos trocados entre os agentes durante o processo de tomada de decisão não é proporcional ao nível de consenso final.

**Palavras-chave:** Sistemas de Apoio à Tomada de Decisão em Grupo, Sistemas Multi-Agente, Computação Ubíqua, Problemas Multi-Critério, Estilos de Comportamento.



# Abstract

The Group Decision Support Systems (GDSS) emerged with the main goal to support a group of decision-makers throughout the decision process.

One of the most common approaches in literature for GDSS is the use of Multi-Agent Systems (MAS). MAS reflect the real context of decision-making in the way the agent represents the decision-maker and also in the format it uses to communicate with other agents.

Nowadays, with the expansion of organizations we are seeing a change in the concept of decision. Ubiquitous decision is being discussed more these days due to questions such as lifestyle, global markets, and available technologies. This means that the decision-maker should be allowed to use the system from anywhere, at any time and through any sort of electronic device such as tablet, smartphone, etc.

In this work it is proposed a new argumentation model adapted to the context of ubiquitous decision-making and that will be used by a MAS in the resolution of multi-criteria problems.

It is assumed that any agent is allowed to use a behaviour style and that will affect the way that agent interacts with other agents in conflicting situations. Therefore the aim of this work is to study the impact of the use of behaviour styles throughout the decision-making process and to understand if agents modeled with a behaviour style will reach a consensus easier compared with agents that do not use any behaviour style.

It is also intended to study if the number of arguments exchanged between agents is proportional to the final consensus level obtained.

In order to study these hypothesis a prototype for a GDSS was developed using a MAS. An argumentation framework was also developed and was adapted to the prototype.

The obtained results allowed to validate all the hypothesis defined in this work and it was concluded that agents modeled with behaviour styles will almost always reach a consensus easier compared with agents without behaviour styles and the number of arguments exchanged during the decision-making process is not proportional to the final consensus level.

**Keywords:** Group Decision Support Systems, Multi-Agent Systems, Ubiquitous Computing, Multi-Criteria Problems, Behaviour Styles.





# Agradecimentos

Gostaria de deixar uma palavra sentida e de agradecimento a todos aqueles que contribuíram para o meu sucesso, não só para que conseguisse cumprir a realização desta dissertação mas que também me apoiaram até a esta fase da minha vida.

Gostaria de agradecer em primeiro lugar ao GECAD, porque foi a minha segunda casa este ano e me proporcionou um ambiente de trabalho fantástico e as melhores condições possíveis para que conseguisse desenvolver este trabalho com todo o sucesso.

Agradeço à minha orientadora, Doutora Goreti Marreiros por esta oportunidade que me foi dada. Agradeço por todo o acompanhamento do projeto e pela experiência e conhecimento partilhado que me permitiu aprender e crescer não só como engenheiro mas também como investigador.

Gostaria de agradecer profundamente ao meu co-orientador João Carneiro por todo o incansável apoio dado ao longo deste ano. Além de colega tornou-se um grande amigo e que sempre esteve do meu lado. Agradeço-lhe por todos os dias de trabalho, por todas as conversas, por todas as orientações dadas. Sem a sua ajuda nunca teria conseguido completar este trabalho.

Agradeço aos meus colegas e amigos do Instituto Superior de Engenharia do Porto pela motivação e apoio dado ao longo de todos estes anos de aprendizagem no ensino superior, para que nunca perdesse o interesse em estudar e de querer aprender mais.

Deixo um agradecimento muito especial aos meus grandes amigos que têm vindo a marcar a minha vida pelas mais variadas razões mas que nunca me deixaram só mesmo nos momentos mais difíceis. Um agradecimento sentido ao Nuno, ao Pedro, ao Fábio, à Ana e à Mariana.

Por fim, e mais importante, agradeço à minha família. Agradeço ao meu pai, à minha mãe e à minha irmã por todo o amor e carinho que me dão todos os dias e por zelarem sempre pelo meu bem e pela minha felicidade.



# Índice

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Introdução .....</b>                                 | <b>1</b>  |
| 1.1      | Enquadramento .....                                     | 1         |
| 1.2      | Motivação .....   | 2         |
| 1.3      | Objetivos e Breve Descrição do Trabalho Realizado ..... | 3         |
| 1.4      | Estrutura .....   | 4         |
| <b>2</b> | <b>Tomada de Decisão .....</b>                          | <b>5</b>  |
| 2.1      | Sistemas de apoio à tomada de decisão em grupo .....    | 6         |
| 2.1.1    | Caraterísticas dos SADG .....                           | 6         |
| 2.1.2    | Atividades consideradas .....                           | 7         |
| 2.1.3    | Arquitetura .....                                       | 7         |
| 2.1.4    | Categorias .....  | 8         |
| 2.1.5    | Computação Ubíqua .....                                 | 9         |
| 2.2      | Sistemas Multi-Agente .....                             | 10        |
| 2.2.1    | Interação entre agentes e ontologias .....              | 10        |
| 2.2.2    | Plataformas de desenvolvimento de agentes .....         | 13        |
| 2.3      | Personalidade .....                                     | 15        |
| 2.3.1    | Tipos psicológicos .....                                | 16        |
| 2.3.2    | Modelo RIASEC .....                                     | 17        |
| 2.3.3    | Modelo de Thomas e Kilmann .....                        | 19        |
| 2.3.4    | Modelo de Rahim e Magner .....                          | 20        |
| 2.3.5    | Cinco Fatores .....                                     | 21        |
| 2.4      | Problema multi-critério .....                           | 25        |
| 2.5      | Negociação automática .....                             | 26        |
| 2.5.1    | Teoria de jogos .....                                   | 27        |
| 2.5.2    | Aproximações heurísticas .....                          | 29        |
| 2.5.3    | Argumentação .....                                      | 30        |
| <b>3</b> | <b>Modelação da solução proposta .....</b>              | <b>33</b> |
| 3.1      | Arquitetura do Sistema .....                            | 34        |
| 3.1.1    | Agente facilitador .....                                | 34        |
| 3.1.2    | Agente participante .....                               | 35        |
| 3.2      | Definições do problema .....                            | 36        |
| 3.3      | Configurações do organizador .....                      | 40        |
| 3.3.1    | Definição do problema a ser discutido .....             | 40        |
| 3.3.2    | Definição dos critérios considerados .....              | 40        |
| 3.3.3    | Definição das alternativas consideradas .....           | 41        |
| 3.3.4    | Escolha dos decisores .....                             | 42        |
| 3.3.5    | Gravação dos dados .....                                | 43        |
| 3.4      | Configurações do decisor .....                          | 44        |
| 3.4.1    | Metodologia proposta .....                              | 45        |

|          |   |            |
|----------|---|------------|
| 3.4.2    | Gravação dos dados .....                                      | 56         |
| 3.5      | Modelo de decisão .....                                       | 62         |
| 3.5.1    | Início da discussão .....                                     | 63         |
| 3.5.2    | Desenvolvimento da discussão .....                            | 63         |
| 3.5.3    | Comunicação entre agentes .....                               | 64         |
| 3.5.4    | Conclusão da discussão .....                                  | 65         |
| 3.6      | Agente Facilitador .....                                      | 66         |
| 3.6.1    | Validar o registo dos agentes participantes .....             | 66         |
| 3.6.2    | Gerir tópicos de discussão .....                              | 67         |
| 3.6.3    | Terminar a discussão .....                                    | 68         |
| 3.6.4    | Apresentar resultados .....                                   | 69         |
| 3.7      | Agente Participante .....                                     | 70         |
| 3.7.1    | Registo na Reunião .....                                      | 70         |
| 3.7.2    | Criar tópicos de discussão .....                              | 70         |
| 3.7.3    | Realizar pedidos .....  | 72         |
| 3.7.4    | Verificar pedidos .....                                       | 72         |
| 3.7.5    | Conclusão de tópicos .....                                    | 73         |
| 3.8      | Sistema de argumentação .....                                 | 73         |
| 3.8.1    | Início do pedido .....  | 73         |
| 3.8.2    | Seleção do argumento .....                                    | 74         |
| 3.8.3    | Verificação do argumentos .....                               | 78         |
| <b>4</b> | <b>Implementação e avaliação .....</b>                        | <b>85</b>  |
| 4.1      | Introdução .....  | 85         |
| 4.2      | Implementação .....   | 86         |
| 4.3      | Constituição e desenvolvimento da comunidade de agentes ..... | 86         |
| 4.3.1    | Recipientes e plataformas .....                               | 86         |
| 4.3.2    | Sistema de gestão de agentes e facilitador de diretório ..... | 87         |
| 4.3.3    | Criação de agentes .....                                      | 87         |
| 4.3.4    | Identificador do agente .....                                 | 87         |
| 4.3.5    | Inicialização de um agente .....                              | 88         |
| 4.3.6    | Passagem de variáveis .....                                   | 88         |
| 4.3.7    | Comportamentos .....  | 88         |
| 4.3.8    | Troca de mensagens .....                                      | 90         |
| 4.4      | Modelo de aplicação .....                                     | 91         |
| 4.5      | Caso de estudo .....  | 92         |
| 4.5.1    | Definição do problema .....                                   | 93         |
| 4.5.2    | Intervenientes .....  | 95         |
| 4.5.3    | Experiências .....  | 96         |
| 4.5.4    | Análise e Discussão dos resultados .....                      | 109        |
| 4.6      | Conclusão .....   | 115        |
| <b>5</b> | <b>Conclusão e Trabalho Futuro .....</b>                      | <b>117</b> |
| 5.1      | Síntese e conclusão do trabalho desenvolvido .....            | 117        |
| 5.2      | Impacto Científico .....                                      | 118        |

|     |                                    |     |
|-----|------------------------------------|-----|
| 5.3 | Limitações e Trabalho Futuro ..... | 119 |
|-----|------------------------------------|-----|



# Lista de Figuras

|  |     |
|--|-----|
| Figura 1 – Arquitetura de um Sistema de Apoio à Tomada de Decisão em Grupo (adaptado de DeSanctis e Gallupe, 1985) ..... | 7   |
| Figura 2 – Representação dos tipos psicológicos de Carl Jung .....   | 16  |
| Figura 3 – Representação do modelo RIASEC .....  | 18  |
| Figura 4 – Representação do modelo de Thomas e Kilmann.....  | 19  |
| Figura 5 – Representação do modelo de Rahim e Magner.....  | 20  |
| Figura 6 – Tipos de critérios (Adaptado de Carneiro 2015) .....  | 25  |
| Figura 7 – Arquitetura do Sistema .....  | 34  |
| Figura 8–Janela de diálogo de introdução de dados.....   | 40  |
| Figura 9 –Janela de definições dos critérios .....   | 41  |
| Figura 10 – Janela de definições das alternativas .....  | 42  |
| Figura 11 – Janela de seleção dos decisores .....  | 43  |
| Figura 12 – Dados do problema .....  | 46  |
| Figura 13 – Configurações pessoais .....   | 47  |
| Figura 14 – Classificação de cada estilo de conflito de acordo com a dimensão de resistência à mudança.....              | 52  |
| Figura 15 - Classificação de cada estilo de conflito de acordo com a dimensão de atividade ..                            | 53  |
| Figura 16 – Configurações do problema .....  | 55  |
| Figura 17 – Ciclo de vida de um agente JADE .....  | 89  |
| Figura 18 – Modelo de aplicação .....  | 92  |
| Figura 19 – Número de argumentos trocados na 1ª experiência .....  | 109 |
| Figura 20 – Número médio de pedidos com argumentos trocados (aceites e não aceites) na 1ª experiência.....               | 110 |
| Figura 21 – Número de argumentos trocados na 1ª experiência .....  | 112 |
| Figura 22 – Número médio de pedidos com argumentos trocados (aceites e não aceites) na 2ª experiência.....               | 113 |
| Figura 23 – Percentagem média a favor de cada alternativa para a 1ª experiência .....                                    | 113 |
| Figura 24 - Percentagem média a favor de cada alternativa para a 2ª experiência .....                                    | 114 |





# Lista de Tabelas

|   |     |
|---|-----|
| Tabela 1 – Categorias de SADG de acordo com a proximidade dos participantes e duração da reunião .....  | 8   |
| Tabela 2 – Modelo dos cinco fatores .....   | 23  |
| Tabela 3 – Temas baseados nos cinco fatores .....   | 24  |
| Tabela 4 – Locuções de discussão consideradas.....  | 37  |
| Tabela 5 – Facetas que definem comportamentos específicos do context da tomada de decisão .....   | 49  |
| Tabela 6 – Classificação dos estilos de conflito para as dimensões propostas por Rahim e Magner (Adaptado de Rahim e Magner, 1995) .....            | 50  |
| Tabela 7 – Classificação numérica para cada estilo de conflito de acordo com cada dimensão53  |     |
| Tabela 8 – Índices de resistência à mudança e atividade e probabilidade de fazer questões, declarações e pedidos para cada estilo de conflito ..... | 57  |
| Tabela 9 – Locuções iniciais do agente .....  | 59  |
| Tabela 10 – Locuções de resposta .....  | 60  |
| Tabela 11 – Locuções a repetir após aceitação de um pedido .....  | 61  |
| Tabela 12 – Salas de aula e áreas respectivas .....   | 94  |
| Tabela 13 – Anfiteatros e áreas respectivas .....   | 94  |
| Tabela 14 – Laboratórios e áreas respectivas.....   | 94  |
| Tabela 15 – Salas de aula e áreas respectivas .....   | 95  |
| Tabela 16 – Preferências de critérios dos decisores.....  | 95  |
| Tabela 17 – Preferências de alternativas dos decisores .....  | 96  |
| Tabela 18 – Percentagens a favor de cada alternativa para o 1º cenário da 1ª experiência ....   | 97  |
| Tabela 19 – Pedidos e argumentos trocados para o 1º cenário da 1ª experiência .....   | 97  |
| Tabela 20 – Percentagens a favor de cada alternativa para o 2º cenário da 1ª experiência ....   | 98  |
| Tabela 21 – Pedidos e argumentos trocados para o 2º cenário da 1ª experiência .....   | 98  |
| Tabela 22 – Percentagens a favor de cada alternativa para o 3º cenário da 1ª experiência ....   | 99  |
| Tabela 23 – Pedidos e argumentos trocados para o 3º cenário da 1ª experiência .....   | 99  |
| Tabela 24 – Percentagens a favor de cada alternativa para o 4º cenário da 1ª experiência ..   | 100 |
| Tabela 25 – Pedidos e argumentos trocados para o 4º cenário da 1ª experiência .....   | 100 |
| Tabela 26 – Percentagens a favor de cada alternativa para o 5º cenário da 1ª experiência ..   | 101 |
| Tabela 27 – Pedidos e argumentos trocados para o 5º cenário da 1ª experiência .....   | 101 |
| Tabela 28 – Percentagens a favor de cada alternativa para o 6º cenário da 1ª experiência ..   | 102 |
| Tabela 29 – Pedidos e argumentos trocados para o 6º cenário da 1ª experiência .....   | 102 |
| Tabela 30 – Estilos de conflito selecionados para o 1º cenário da 2ª experiência .....  | 103 |
| Tabela 31 – Percentagens a favor de cada alternativa para o 1º cenário da 2ª experiência ..   | 104 |
| Tabela 32 – Pedidos e argumentos trocados para o 1º cenário da 2ª experiência .....   | 104 |
| Tabela 33 – Estilos de conflito selecionados para o 2º cenário da 2ª experiência .....  | 105 |
| Tabela 34 – Percentagens a favor de cada alternativa para o 2º cenário da 2ª experiência ..   | 105 |
| Tabela 35 – Pedidos e argumentos trocados para o 2º cenário da 2ª experiência .....   | 105 |
| Tabela 36 – Estilos de conflito selecionados para o 3º cenário da 2ª experiência .....  | 106 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabela 37 – Percentagens a favor de cada alternativa para o 3º cenário da 2ª experiência... | 106 |
| Tabela 38 – Pedidos e argumentos trocados para o 3º cenário da 2ª experiência .....         | 106 |
| Tabela 39 – Estilos de conflito selecionados para o 4º cenário da 2ª experiência .....      | 107 |
| Tabela 40 – Percentagens a favor de cada alternativa para o 4º cenário da 2ª experiência... | 108 |
| Tabela 41 – Pedidos e argumentos trocados para o 4º cenário da 2ª experiência .....         | 108 |

# Acrónimos

## Lista de Acrónimos

|               |  |
|---------------|--|
| <b>AC</b>     | <i>Abrasion Class</i>  |
| <b>ACL</b>    | <i>Agent Communication Language</i>                                      |
| <b>EVA</b>    | Escala Visual Analógica  |
| <b>FIPA</b>   | <i>Foundation for Intelligent Physical Agents</i>                        |
| <b>GECAD</b>  | Grupo de Investigação em Engenharia do Conhecimento e Apoio à Decisão    |
| <b>IIOF</b>   | <i>Internet Inter-Orb Protocol</i>                                       |
| <b>JADE</b>   | <i>Java Agent Development</i>  |
| <b>KIF</b>    | <i>Knowledge Interchange Format</i>                                      |
| <b>KQML</b>   | <i>Knowledge Query Manipulation Language</i>                             |
| <b>KSE</b>    | <i>Knowledge Sharing Efforts</i>   |
| <b>LPA</b>    | <i>Logic Programming Associates</i>                                      |
| <b>RIASEC</b> | <i>Realistic Investigative Artistic Social Enterprising Conventional</i> |
| <b>RMI</b>    | <i>Remote Method Invocation</i>  |
| <b>SADG</b>   | Sistema de Apoio à Tomada de Decisão em Grupo                            |
| <b>SMA</b>    | Sistema Multi-Agente   |
| <b>SSL</b>    | <i>Secure Socket Layer</i>   |
| <b>UML</b>    | <i>Unified Modeling Language</i>   |
| <b>XML</b>    | <i>eXtended Markup Language</i>  |



# 1 Introdução

## 1.1 Enquadramento

Todos os dias tomamos várias decisões. Desde “O que vou vestir hoje?” até ao “O que vou fazer para o jantar?”. As decisões que tomamos (consciente e inconscientemente) afetam-nos assim como, afetam aqueles/aquilo que nos rodeiam. O mesmo acontece dentro das empresas ou organizações onde são tomadas diariamente várias decisões que afetam além do próprio ambiente dentro e fora da organização, todo um futuro de oportunidades ou de dificuldades que possa vir a surgir. Tendo em conta o impacto e a importância de tais decisões, deixa de fazer sentido atribuir toda a responsabilidade da decisão apenas a um indivíduo, e em vez disso são formados grupos de decisores que possuem as competências e o conhecimento adequado para que em conjunto consigam tomar as melhores decisões para a organização. De forma a suportar esses grupos cada vez mais são utilizadas técnicas ou ferramentas que auxiliem na tomada de decisão tais como os sistemas de apoio à tomada de decisão em grupo (SADG).

Os SADG, tal como o nome indica, tentam prestar auxílio no processo de tomada de decisão em grupo, mas por vezes obrigam a que os decisores que utilizem este tipo de sistemas preencham configurações demasiado extensivas e morosas e que não se adequem aos seus horários pouco flexíveis. Além disso, os decisores verificam frequentemente a dificuldade em transmitir muitas das suas ideias assim como captar as ideias dos restantes participantes. São problemas como estes que levam a que a utilização e perceção dos SADG possa parecer demasiado complicada e desconfortável até para os utilizadores mais experientes e que faz com que se recorra com maior frequência a outro tipo de ferramentas como exploração de dados e *Business Intelligence*.

O tema apresentado nesta tese está relacionado com toda uma nova forma de desenvolvimento e utilização de SADG baseada em cinco grandes áreas.

A primeira área consiste na utilização de sistemas multi-agente (SMA) em que cada agente irá representar um decisor real e portanto estará preparado para defender os seus interesses.

Este agente irá interagir com os restantes agentes de forma a tentarem conseguir atingir uma decisão que seja satisfatória não só para o grupo mas também para o próprio agente e respetivo decisor.

A segunda área refere-se ao tipo de problemas que serão tratados que se enquadra no âmbito dos problemas de decisão multi-critério. Este tipo de problemas consegue captar as preferências dos utilizadores consoante um determinado conjunto de critérios e alternativas de uma forma natural e muito próxima da realidade.

A terceira área insere-se dentro da psicologia e nos tipos de personalidade, sendo a definição dos comportamentos dos agentes baseada em estilos de conflito que definem a forma como esses agentes lidam com situações conflituosas durante o processo de tomada de decisão.

A quarta área baseia-se no conceito de computação ubíqua para permitir que o sistema possa ser utilizado a qualquer altura, em qualquer lugar, e através de qualquer tipo de dispositivo.

A quinta área está relacionada com as diversas técnicas de negociação automática existentes sendo utilizada a negociação baseada em argumentação por ser o tipo de negociação mais eficaz e perceptível para o utilizador fornecendo respostas e justificação para o porquê de tudo o que acontece durante o processo de tomada de decisão. A comunicação entre os agentes é inspirada na lógica existente nas redes sociais que é de fácil entendimento do utilizador.

## **1.2 Motivação**

Nos dias que correm, é cada vez mais importante dar respostas rápidas e eficazes às necessidades crescentes dos decisores. Essas respostas devem se enquadrar com as exigências e competitividade que o mundo empresarial acarreta. Com o forte desenvolvimento do processo de globalização e de multi-organização, são poucas as empresas que se regem por si só, sem recurso a outras empresas que prestem determinado conjunto de serviços. Juntar as várias partes envolvidas (que frequentemente estarão dispersas em diferentes cidades ou até mesmo em diferentes países) à volta de uma mesa para resolver um determinado problema deixa de fazer sentido devido à sua impraticabilidade e à própria disponibilidade dos decisores. Com a utilização de novos dispositivos digitais como *tablets* e os *smartphones* que facilmente conseguem aceder à Internet, torna-se cada vez mais necessário o desenvolvimento de soluções inteligentes adaptadas a cenários ubíquos. Os SADG ubíquos deverão ser capazes de funcionar livremente sem nenhuma restrição espacial, temporal ou até mesmo operacional, e deverão ser fáceis de utilizar e perceptíveis para o próprio decisor. O não cumprimento destes pressupostos poderá por em risco a viabilidade de todo o sistema.

As simulações realizadas em SADG ubíquos deverão apresentar dados ao decisor que sejam realmente importantes. É irrelevante para o decisor saber que a simulação apenas apresenta soluções (que até podem ser as melhores decisões possíveis para um determinado problema).

O que realmente importa é que a simulação consiga apresentar dados que permitam ao decisor raciocinar e ao mesmo tempo tomar melhores decisões. Esses dados permitem também que o decisor consiga perceber os motivos dos restantes participantes na discussão. A abordagem mais correta passa por um processo de tomada de decisão iterativo que permita ao decisor re/configurar o problema quando este quiser e que ao mesmo tempo lhe permita perceber todo o processo de tomada de decisão assim como diferentes perspetivas através da interação com agentes que representem outros participantes. Qualquer simulação realizada em SADG ubíquos que não apresente estes dados estará em desvantagem comparada com o tipo de informação que se pode obter com recurso a técnicas de *Business Intelligence*.

É neste contexto que surge o trabalho apresentado neste documento, sendo proposto um novo tipo de *framework* de argumentação entre agentes que engloba diversas áreas dentro da tomada de decisão em grupo: problemas multi-critério, estilos de comportamento, computação ubíqua, redes sociais e negociação baseada em argumentação. Será desenvolvido um simulador de tomada de decisão em grupo ubíqua que irá utilizar a *framework* de argumentação proposta e que irá permitir ao utilizador, através de um processo iterativo, adquirir informação acerca do problema e das preferências dos restantes participantes de forma a conseguir tomar melhores decisões.

### **1.3 Objetivos e Breve Descrição do Trabalho Realizado**

O trabalho desenvolvido terá como principal objetivo o desenvolvimento de uma *framework* de argumentação baseada em agentes que permite a tomada de decisão ubíqua. Esta *framework* será desenvolvida tendo como base a configuração de problemas multi-critério em que o utilizador poderá configurar as preferências pessoais relativas a determinados critérios e alternativas assim como definir o comportamento do agente que o representa. Este comportamento estará relacionado com o conceito teórico de estilo de conflito e na forma como o agente se irá comportar em situações conflituosas e interagir com os restantes agentes. Estas configurações irão permitir a que os agentes que representam os decisores consigam agir de uma forma mais inteligente e mais próxima da realidade.

Toda a discussão e comunicação entre os agentes é inspirada na lógica das redes sociais o que torna todo o diálogo entre os agentes mais humano e mais perceptível para o decisor.

Após a leitura a análise teórica que será apresentada no estado de arte da corrente tese e identificação dos conceitos e definições a serem incorporados na *framework* procedeu-se ao seu desenvolvimento. Por fim foi realizado um caso de estudo para verificar e avaliar o impacto de todos os pressupostos que foram assumidos.

Sendo assim as hipóteses de estudo desta tese são:

1. Agentes modelados com estilos de comportamento conseguem atingir decisões consensuais mais facilmente comparados com agentes que não apresentam nenhum estilo de comportamento.
2. O número de argumentos trocados não é proporcional ao nível de consenso.

## **1.4 Estrutura**

Esta secção apresenta a estrutura da dissertação, sendo de seguida mencionados resumidamente cada um dos próximos capítulos deste documento.

No capítulo 2, Tomada de decisão, será exposto todo o estado de arte que serviu como base de estudo para a realização deste trabalho. Em primeiro lugar, serão descritos os conceitos de sistema de apoio à tomada de decisão em grupo, de sistema multi-agente e computação ubíqua. De seguida, serão explicados alguns conceitos teóricos sobre personalidade e alguns modelos propostos na literatura. Será depois enunciado o conceito de problema multi-critério. Será também descrito o conceito de negociação automática e apresentados os diferentes tipos de negociação entre os quais a negociação baseada em argumentação.

No capítulo 3, Modelação da solução proposta, será descrita toda a metodologia de trabalho e é apresentada a arquitetura da aplicação, a arquitetura dos agentes e as definições assumidas para o desenvolvimento da solução.

No capítulo 4, Implementação e avaliação, serão realizados e avaliados diversos testes sobre um caso de estudo no âmbito da tomada de decisão com recurso à solução desenvolvida e de modo a conseguir comprovar as hipóteses anteriormente apresentadas, assim como outras conclusões relevantes.

Por fim no capítulo 5, Conclusões e Trabalho Futuro, será feita uma síntese de todo o trabalho desenvolvido e das principais conclusões alcançadas. Serão também mencionadas todas as contribuições científicas dadas no decorrer do desenvolvimento desta tese, que incluiu os artigos publicados. Por fim, será exposto todo o trabalho futuro a ser desenvolvido daqui em diante.



## 2 Tomada de Decisão

A tomada de decisão é fundamental na vida de qualquer pessoa e por vezes acontece de uma forma tão espontânea quem nem nos damos conta daquilo que escolhemos. Decisões simples como decidir o que cozinhar para a próxima refeição, ou o que vestir para o dia de hoje, ou o que comprar de presente para alguém, fazem parte do nosso dia-a-dia e estarão presentes durante toda a nossa vida.

A tomada de decisão pode não acontecer só a nível individual. Na verdade é muito comum os indivíduos agruparem-se para tomarem decisões conjuntas, podendo esse grupo ser uma família, organização, sociedade, etc, dependendo do âmbito da própria decisão.

Tomar uma decisão significa a escolha de pelo menos uma solução e ao mesmo tempo o abandono de pelo menos uma outra solução, porque senão não se tinha decidido nada, apenas se tinha agido. Desta forma é preciso ter em conta que por vezes são tomadas decisões que podem nem ser as melhores, mas que dentro das possibilidades e recursos existentes poderão ter sido as mais indicadas.

Em resumo, um processo de tomada de decisão pode ser bastante complexo e abrangente. São analisados vários fatores que resultam na combinação de inúmeras possibilidades para resolver o problema, são previstas as consequências e benefícios da decisão que poderá vir a ser tomada e só por fim é tomada a decisão.

Neste capítulo, serão abordados vários conceitos relacionados com a área de tomada de decisão. Em primeiro lugar, serão explicados os conceitos de sistema de apoio à tomada de decisão em grupo e de sistema multi-agente, sendo introduzido o conceito e a importância da computação ubíqua. Em terceiro lugar, serão expostos alguns conceitos teóricos a nível de personalidade e mencionados diferentes modelos de personalidade existentes na literatura. Será depois descrito o conceito de problema multi-critério. Por último, será explicado o conceito de negociação automática e alguns tipos de negociação existentes.

## 2.1 Sistemas de apoio à tomada de decisão em grupo

O conceito de sistema de apoio à tomada de decisão foi introduzido em 1971 por Gerrity como *“uma mistura eficaz entre da inteligência humana, tecnologias da informação e de software, cuja interação próxima permite resolver problemas complexos”* [Gerrity, 1971]. Muitas outras definições foram propostas desde então [Bonczek et al., 1979; Neumann e Hadass, 1980; Sprague, 1980; Vazsonyi, 1978] sendo que o conceito geral deste tipo de sistemas passa pelo desenvolvimento de um sistema computacional que auxilia na resolução de problemas.

De início, este tipo de sistemas eram desenvolvidos com vista a serem utilizados apenas por um só indivíduo, mas com o decorrer do tempo cada vez mais se foi verificando a importância e a necessidade da decisão em grupo. Deixa de ser fazer sentido, principalmente em contextos organizacionais e empresariais, delegar todas as responsabilidades da decisão para um único indivíduo, quando tal decisão afeta todo o futuro da própria organização. As pessoas juntam-se e descartam opções através da discussão optando frequentemente por escolher as opções mais apoiadas por todos [Kiesler e Sproull, 1992].

Em 1985 DeSanctis e Gallupe [DeSanctis e Gallupe, 1985] introduzem pela primeira vez *“um novo e excitante conceito na área do apoio à decisão que passa pelo desenvolvimento de sistemas computacionais a serem usados por grupos de pessoas que são responsáveis por tomarem decisões”* e introduzem na literatura o conceito de sistema de apoio à tomada de decisão em grupo. Segundo eles, um sistema de apoio à tomada de decisão em grupo é um sistema computacional interativo que facilita a resolução de problemas não estruturados por um conjunto de decisores que trabalham em grupo. Este tipo de sistemas inclui por isso hardware, software, pessoas e procedimentos.

### 2.1.1 Características dos SADG

Um sistema de apoio à tomada de decisão em grupo deve ser [DeSanctis e Gallupe, 1985]:

1. Desenhado de raiz e não ser uma simples configuração de componentes já existentes de outros sistemas;
2. Desenhado com o objetivo de apoiar grupos de decisores no seu trabalho e por consequência melhorar o processo de tomada de decisão em grupo assim como as próprias decisões;
3. Fácil de aprender e de utilizar. Auxiliar os utilizadores com diferentes níveis de experiência e conhecimento relativos a computação e tomada de decisão;
4. Específico, se focado apenas em um tipo ou classe de problemas, ou geral se direcionado para vários tipos de decisões organizacionais;

5. Desenhado com mecanismos internos que evitem comportamentos negativos que se possam verificar em tomada de decisão em grupo, como conflito destrutivo ou falta de comunicação.

### 2.1.2 Atividades consideradas

Segundo Huber [Huber, 1984], as atividades em grupo que devem ser transportadas para este tipo de sistemas inclui:

1. Recolha de informação – tais como dados existentes em base de dados, opiniões, observações, atitudes e preferências;
2. Partilha de informação – disponibilização da informação para outros elementos do grupo, através de troca de mensagens ou de exposição de informação numa área pública a que todos podem aceder;
3. Uso de informação – envolve a aplicação de tecnologias de software (como programas auxiliares), procedimentos, e técnicas de resolução de problemas a fim de conseguir chegar a uma solução.

### 2.1.3 Arquitetura

DeSanctis e Gallupe [DeSanctis e Gallupe, 1985] apresentam a arquitetura de um sistema de apoio à tomada de decisão em grupo que pode ser consultado na Figura 1, e que de uma forma geral é constituído pelos seguintes elementos:

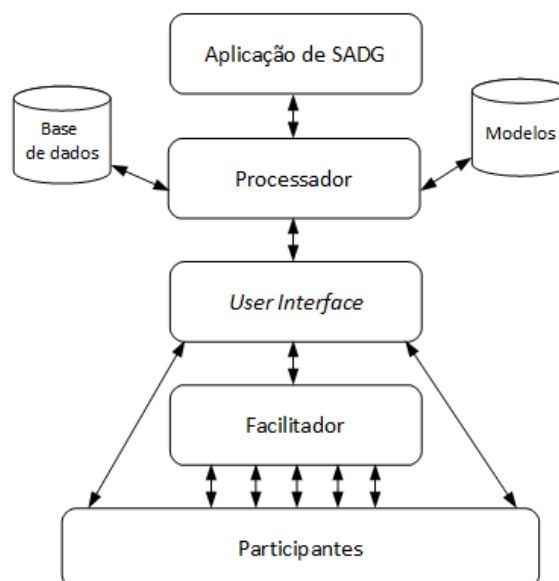


Figura 1 – Arquitetura de um Sistema de Apoio à Tomada de Decisão em Grupo (adaptado de DeSanctis e Gallupe, 1985)

1. Participantes – Conjunto de decisores que interage com o facilitador e aplicação a partir de uma interface, podendo aceder a informação existente em base de dados, Internet, ferramentas de análise e extração de dados, etc.
2. Facilitador – Entidade que controla a discussão podendo interagir com os participantes e com a aplicação a partir de uma interface. O facilitador é também responsável por controlar todas as ferramentas utilizadas na reunião tais como dispositivos Input/Output, quadro de visualização e interação, chamadas de vídeo, etc;
3. Interface – Área que permite a interação entre as entidades envolvidas na discussão e a aplicação enviando pedidos e recebendo respostas do processador;
4. Processador – Recebe e atende aos pedidos do facilitador e dos participantes e acede à informação armazenada nos modelos ou na base de dados para responder a esses pedidos.

#### 2.1.4 Categorias

DeSanctis e Gallupe [DeSanctis e Gallupe, 1985] sugeriram também quatro categorias de SADG que se diferenciam pela duração da reunião e pela proximidade entre os decisores. Essas categorias podem ser consultadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Categorias de SADG de acordo com a proximidade dos participantes e duração da reunião

| Proximidade/Duração      | Limitada         | Sem Limite                    |
|--------------------------|------------------|-------------------------------|
| <b>Mesmo Local</b>       | Sala de decisão  | Rede local de decisão         |
| <b>Locais diferentes</b> | Tele-conferência | Tomada de decisão à distância |

Caso os participantes se encontrem no mesmo lugar e ao mesmo tempo, deverá ser utilizado um SADG do tipo sala de decisão. Este cenário é o mais simples, em que todos os participantes se reúnem num determinado espaço durante um certo tempo para discutir. Neste tipo de cenários existe normalmente um grande ecrã em que vai sendo mostrada informação para todos os participantes consultarem. A disposição das mesas e dos lugares dos participantes é feita de forma a que todos consigam facilmente comunicar diretamente uns com os outros. Cada mesa poderá apresentar um ecrã interativo e poderá ser consultado e utilizado por mais de um utilizador.

Se os participantes se encontrarem no mesmo local mas não em simultâneo, deverá ser utilizado um SADG do tipo rede local de decisão, em que cada participante acede ao sistema no seu próprio posto de trabalho e troca e acede a informação alojada dentro de uma rede local.

No caso de os participantes se encontrarem em locais diferentes mas em simultâneo, deverá ser utilizado o SADG do tipo tele-conferência, em que os participantes discutem em salas de decisão localizadas em diferentes espaços mas interligadas através de recursos visuais ou de comunicação como videoconferências;

Por fim, caso os participantes se encontrem em locais diferentes e sem ser em simultâneo, deverá ser utilizado um SADG do tipo tomada de decisão à distância, em que toda a troca de informação é feita à distância com recurso aos mais variados tipos de dispositivos eletrónicos (*smartphones, tablets, portáteis, etc.*).

### **2.1.5 Computação Ubíqua**

Uma das grandes limitações do desenvolvimento de SADG está relacionada com a dificuldade na interação entre os participantes e ao mesmo tempo ser capaz de lidar com incerteza e definições dos problemas demasiado ambíguas [Marreiros et al., 2005]. A computação ubíqua torna-se então uma necessidade no desenvolvimento de sistemas de apoio à tomada de decisão [Carneiro et al., 2014; Kwon et al., 2005]. O conceito de computação ubíqua foi introduzido na literatura por Weiser pela primeira vez em 1991 [Weiser, 1991], onde refere para uma “*proliferação dos mais variados tipos de dispositivos eletrónicos*” permitindo a que qualquer pessoa consiga aceder à informação facilmente em qualquer lado e a qualquer altura. Esta proliferação é fácil de se verificar nos dias de hoje, com a utilização quase obrigatória no quotidiano de cada indivíduo de dispositivos eletrónicos como *tablets, smartphones, notebooks, etc.* Na sua visão Weiser acreditava que o computador iria ser integrado cada vez mais nas vidas das pessoas para que estas quando o utilizassem nem dessem conta que o estavam a utilizar. Dentro desta ideia surge uma reformulação do paradigma atual de interação entre o humano e a máquina [Abowd e Mynatt, 2000] e o que no passado significava uma interação física utilizando componentes como o rato, teclado e monitor, passa agora a um novo tipo de interação semelhante ao que existe entre o homem e o mundo físico com gestos, fala, uso de utensílios para escrever e comunicar com outras pessoas. Uma das vantagens deste tipo de interação é a possibilidade das pessoas com incapacidades motoras serem agora capazes de utilizar estes novos dispositivos ao contrário dos computadores tradicionais [Abowd e Mynatt, 2000].

Outras vantagens inerentes da utilização da computação ubíqua estão relacionadas com a forma como a informação flui rapidamente pelos ambientes distribuídos [Carneiro et al., 2012] e com a facilidade de troca e partilha de informação sem restrições temporais ou espaciais [Carneiro et al., 2014].

Apesar das vantagens e de todas as novas possibilidades oferecidas por este tipo de computação, continuam a existir algumas limitações no desenvolvimento e utilização de dispositivos adaptados a esta nova realidade, como o elevado consumo energético, a privacidade, etc. [Weiser, 1993] Além disso o desenvolvimento de SADG ubíquos continua a sofrer de alguns problemas tradicionais já existentes, como: configurações demasiado

extensivas e cansativas para o utilizador e a incapacidade de captar os interesses do utilizador que se traduzem na forma como o agente se iria comportar durante a discussão. Todos estes problemas levam à perda de inteligência que é valiosa [Carneiro et al., 2015a] e que é fundamental para se conseguir obter decisões mais verdadeiras.

## 2.2 Sistemas Multi-Agente

Desde os anos 80 os Sistemas Multi-Agente (SMA) são vistos como uma *“sociedade de agentes”* ou por outras palavras, *“agentes num sistema que interagem em conjunto para coordenar os seus comportamentos e cooperar frequentemente para atingir objetivos coletivos”* [Ferber et al., 2004].

Cada vez mais, têm vindo a ser desenvolvidos SMA com o objetivo de apoiar a tomada de decisão [Panzarasa et al., 2002]. De início, os sistemas de apoio à tomada de decisão tradicionais, tal como foi referido anteriormente, eram desenvolvidos apenas considerando um único decisor [Cohen e Levesque, 1990; Rao e Georgeff, 1991] e por essa razão, esse tipo de sistemas eram frequentemente implementados apenas com agentes individuais. Com o desenvolvimento da Internet, das áreas de redes de computadores e da tomada de decisão, e juntamente com o aparecimento dos SADG, surgem os SMA. Este tipo de sistemas incluem um conjunto de entidades que representam os decisores, denominados como agentes e que interagem uns com os outros de uma forma colaborativa ou competitiva para conseguirem atingir determinados objetivos. Jennings e seus colegas [Jennings et al., 1998], referem as vantagens para as quais os SMA são utilizados na resolução de problemas:

1. Robustez e desempenho;
2. Possibilidade para interligar os SMA com outro tipo de sistemas existentes como os sistemas de apoio à tomada de decisão;
3. Distribuição de dados, conhecimento e controlo que facilita a apresentação dos problemas.

De seguida serão apresentados alguns protocolos de interação entre agentes, assim como, algumas plataformas de desenvolvimento de agentes, entre as quais a plataforma de desenvolvimento JADE que foi utilizada no desenvolvimento deste trabalho.

### 2.2.1 Interação entre agentes e ontologias

Para que dois agentes consigam comunicar é preciso que usem uma linguagem comum, ou uma linguagem que possa ser traduzida mutuamente por ambos. Além disso, precisam de partilhar uma certa forma de organização e de conhecimento, através da utilização de ontologias [Gruber, 1995].

O termo ontologia é utilizado na psicologia para descrever “o tema de existência” e a sua adaptação para a área da inteligência artificial trouxe diferentes opiniões. Gruber [Gruber, 1995] identifica uma ontologia como sendo “uma especificação explícita de uma conceptualização”. Borst [Borst, 1997] definiu uma ontologia como “uma especificação formal de uma conceptualização partilhada”. Studer [Studer et al., 1998] juntou as duas definições anteriores e identificou uma ontologia como sendo “uma especificação formal e explícita de uma conceptualização partilhada.” Por fim Silva em 2004 [Silva, 2004] estendeu esta definição para “uma especificação formal, parcial e explícita de uma conceptualização partilhada”.

É uma especificação porque a sua existência é tangível, através da utilização de técnicas como linguagens de representação de ontologias. É formal porque deve ser legível pela máquina. É partilhada pois captura conhecimento que é consensual. É explícita porque as entidades pertencentes à ontologia são claramente distinguíveis e inter-relacionadas. É uma conceptualização porque é um modelo abstrato e cognitivo de um determinado domínio. É parcial porque é impossível explicitar completamente toda a conceptualização. [Studer et al., 1998, Silva, 2004]

Segundo Gruber [Gruber, 1995] as ontologias estão a tornar-se cada vez mais importantes dentro das comunidades científicas ligadas às áreas da gestão do conhecimento, agentes inteligentes e SMA. Na área da gestão de conhecimento, as ontologias são fundamentais para a partilha e utilização correta da informação existente nas organizações. Nas áreas de agentes inteligentes e SMA as ontologias permitem estabelecer uma plataforma comum para a troca de conhecimento. De forma a garantir que os agentes não interpretem os mesmos termos de maneira diferente. Gruber [Gruber, 1995] refere também a importância da definição de um compromisso ontológico entre um conjunto de agentes de forma a usarem sempre o mesmo vocabulário, e para tal deverão ser obedecidos alguns critérios:

1. Clareza – A ontologia deve descrever eficazmente o significado dos termos a serem definidos, e essas definições deverão ser o mais objetivas e completas que for possível;
2. Coerência – Uma frase inferida segundo os axiomas da ontologia não pode contradizer as definições da própria ontologia;
3. Extensibilidade – Deve ser possível definir novos temas a partir do vocabulário sem ter de alterar definições existentes;
4. Codificação mínima – A conceptualização deve ser feita ao nível de conhecimento sem codificação mais específica ao nível simbólico;
5. Compromissos ontológicos mínimos – Já que os compromissos ontológicos são baseados no uso consistente do vocabulário, esses compromissos podem ser minimizados definindo apenas temas que são chave para a troca consistente de conhecimento entre os agentes.

Serão de seguida apresentados alguns dos protocolos mais relevantes na interação entre agentes através da utilização de uma determinada linguagem na troca de mensagens o que permite que estes consigam partilhar informação independentemente da sua estrutura ou da plataforma que utilizam e da forma como representam o conhecimento.

#### 2.2.1.1 KIF

O KIF (*Knowledge Interchange Format*) é um protocolo de troca e partilha de informação entre agentes, proposto por Genesereth e Fikes em 1992 [Genesereth e Fikes, 1992]. Este protocolo apresenta semânticas declarativas, sendo que utiliza expressões que podem facilmente ser percebidas e sem serem manipuladas pelo interpretador. O tipo de lógica utilizada pelo KIF é de primeira ordem que permite representar meta-conhecimento. Alguns tipos de mensagens que podem ser trocadas utilizando este protocolo são os seguintes:

1. Notificação – (*tell (> 100 10)*);
2. Pedido – (*perform (print "Hello World!" t)*);
3. Questão – (*ask-if (> 100 10)*);
4. Resposta – (*reply true*);
5. Subscrição – (*subscribe (coordinates ?a ?b ?c)*).

#### 2.2.1.2 KQML

A linguagem KQML (*Knowledge Query Manipulation Language*) foi desenvolvida no projeto KSE (*Knowledge Sharing Effort*) e introduzida em 1993 [Finin e Weber, 1993] e tal como a linguagem KIF esta também apresenta uma estrutura semântica declarativa.

A linguagem KQML é composta por três camadas:

1. Conteúdo – corresponde a uma expressão ou razão da comunicação e pode ser expresso utilizando várias linguagens como o KIF ou o Prolog;
2. Mensagem – Define o tipo de comunicação lógica assim como todo o tipo de interações permitidas com um agente que também comunique em KQML;
3. Comunicação – Define como a comunicação vai ser estabelecida, o que inclui a identificação do emissor, destinatário, tipo de comunicação, entre outros detalhes.



Esta linguagem é composta por um variado conjunto de primitivas que podem ser:

1. Informativas: *tell, achieve, untell, unachieved*;
2. Pedidos: *perform*;
3. Questões: *ask-if, ask-one, ask-all, evaluate*;
4. Respostas: *reply, sorry*;
5. Capacidades: *subscribe, monitor, advertise*;
6. Comunicações: *forward, register, broadcast*.

De seguida é apresentado um exemplo de um diálogo entre dois agentes A e B utilizando a linguagem KQML, em que o agente A pergunta ao agente B se 100 é superior a 10 e o agente B responde positivamente:

```
A to B: (ask-if(> 100 10))  
B to A: (reply true)
```

Código1 – Comunicação entre dois agentes utilizando a linguagem KQML

#### 2.2.1.3 ACL

A linguagem ACL (Agent Communication Language) é uma linguagem de comunicação entre agentes foi introduzida pela FIPA (*The Foundation for Intelligent Physical Agents*) [FIPA, 2005] e é definida por três componentes principais: um vocabulário, uma linguagem interna (KIF) e uma linguagem externa (KQML). Uma mensagem ACL corresponde então a uma expressão KQML com argumentos no formato KIF e composta por palavras definidas no seu vocabulário.

Entre outras características, a linguagem ACL deve ser capaz de:

1. Lidar com proposições, regras e ações em vez objetos, focando-se apenas na semântica e no significado das palavras;
2. Descrever estados desejados numa linguagem declarativa, em vez de procedimentos ou metodologias.

#### 2.2.2 Plataformas de desenvolvimento de agentes

Com o desenvolvimento dos SMA, cada vez mais se verificou a necessidade de introdução de técnicas de engenharia de software como metodologias, ferramentas, reutilização de código, especificações e ultimamente plataformas que permitissem facilmente interligar as áreas da investigação com a indústria de software. [Ricordel e Demazeau, 2000] apontam para a complexidade e dificuldade na criação de plataformas de desenvolvimento de SMA. Nas suas opiniões o processo de criação de um SMA deve passar por 4 etapas:

1. Análise – Descobrir, separar e descrever o tipo de problema do domínio envolvente;
2. Desenho – Processo de definição da arquitetura da solução para o problema com recurso a técnicas como linguagem de modelação (UML);
3. Desenvolvimento – Processo de construção de uma solução funcional para o problema;
4. Distribuição – Processo da aplicação da solução desenvolvida a um problema real inserido num determinado domínio.

Ricordel e Demazeau referem ainda que devem ser considerados alguns critérios fundamentais para avaliar a qualidade de plataformas para o desenvolvimento de SMA, como por exemplo: integridade, aplicabilidade, complexidade e reutilização.

Burbeck e seus colegas[Burbeck et al., 2004] identificaram outros critérios que também são essenciais como maturidade, segurança, recursos para a comunicação entre agentes, escalabilidade e performance.

De seguida são apresentadas as duas plataformas para desenvolvimento de SMA que foram consideradas durante o desenvolvimento deste trabalho.

#### 2.2.2.1 Chimera

A plataforma de desenvolvimento de SMA Chimera foi desenvolvida como uma extensão do LPA-Prolog [CHIMERA, 2015] que utiliza a modelação heurística na lógica de programação potenciando as funcionalidades básicas da linguagem Prolog com um sistema intuitivo e capaz de responder a eventos tanto a nível local como distribuídos através de uma determinada rede.

Apresenta as vantagens de: ser uma plataforma completamente independente sem que precise de recorrer a outro tipo de ferramentas; ser capaz de tratar automaticamente de qualquer tipo de configuração e processamento ao nível da rede; utiliza um conjunto de poucos predicados o que torna a aprendizagem da ferramenta muito fácil e rápida.

Os agentes do Chimera são constituídos por:

1. Código – Definido em linguagem Prolog e confere a inteligência, comportamentos e as funções a serem desempenhadas pelos agentes;
2. Comunicações – Forma de troca e partilha de informação entre os agentes;
3. Eventos – Capacidade para os agentes conseguirem reagir a determinadas situações, usando uma Event Queue assíncrona e Handlers apropriados.

### 2.2.2.2 Jade

O JADE (*Java Agent DEvelopment*) [JADE, 2015] é uma plataforma de desenvolvimento de SMA que cumpre as especificações da FIPA [FIPA, 2005], e apresenta as seguintes características [Marreiros, 2007, Burbeck et al., 2004]:

1. Comunicação – O JADE suporta comunicações síncronas e assíncronas entre agentes. As mensagens trocadas entre dois agentes podem ser interpretadas de três maneiras diferentes dependendo da localização dos agentes. Se ambos estiverem localizados no mesmo *container* é utilizada uma comunicação dentro do próprio processo sem que haja qualquer tipo de tradução das mensagens enviadas. Caso usem a mesma plataforma mas estiverem localizados em *containers* diferentes é utilizado o mecanismo RMI (*Remote Method Invocation*) para a partilha das mensagens. Caso sejam utilizadas plataformas diferentes é utilizado o protocolo IOP (*Internet Inter-ORB Protocol*) para a partilha das mensagens;
2. Concorrência – A concorrência no JADE funciona em três níveis. O primeiro nível suporta distribuição de *containers* quer pelo mesmo *host* ou por *hosts* diferentes. No segundo nível é atribuída uma *thread* em Java para cada agente existente. O terceiro nível utiliza um escalonador *round-robin* não preemptivo para executar múltiplos comportamentos dentro da *thread* do agente;
3. Segurança – O JADE utiliza um plug-in que recorre ao SSL (*Secure Socket Layer*) para fornecer uma camada extra de segurança ao SMA permitindo a autenticação dos agentes e dos utilizadores;
4. Mobilidade – O JADE fornece ferramentas de suporte à mobilidade dos agentes;
5. Interface – O JADE fornece um interface gráfico que permite gerir plataformas e agentes a partir de um *host* remoto.

## 2.3 Personalidade

O número de diferenças que encontramos de indivíduo para indivíduo é imensurável. Aliás, é muito fácil verificar que perante determinadas situações dois indivíduos podem reagir de maneiras completamente diferentes. Este comportamento individual está inteiramente relacionado com a personalidade de cada um.

A definição de personalidade é muito abrangente. São vários os psicólogos que sugeriram definições para este conceito, tais como “*uma reflexão das ideias implícitas de uma pessoa*” [Hofstee, 1994], ou “*um conjunto de comportamentos previsíveis para os quais as pessoas são reconhecidas e identificadas*” [Salancik e Pfeffer, 1977] ou até como “*um sistema de partes que são organizadas, desenvolvidas e expressas nas ações de uma pessoa*” [Mayer, 2007]. Este

sistema de partes inclui um conjunto de componentes como humor, emoções, motivos e modelos mentais.

É fácil perceber o impacto que a personalidade pode ter no contexto da tomada de decisão em grupo, porque as decisões são tomadas por pessoas, e as pessoas têm personalidades diferentes [Allport et. Al, 1936]. São fatores como o humor ou as emoções ou que fazem com que um indivíduo se comporte de uma determinada maneira mesmo dentro de um contexto de tomada de decisão em grupo (através da forma como ele encara a reunião e os outros participantes). Um indivíduo que parte para uma reunião com o objetivo de conseguir persuadir os restantes participantes a aceitar a sua opinião independentemente daquilo que eles possam pensar, mesmo que para tal seja obrigado a utilizar inúmeras justificações para convencer quem quer que seja, irá comportar-se de uma forma completamente diferente de um outro indivíduo que não quer saber do problema a ser discutido e só quer que a reunião acabe o mais depressa possível. Se o comportamento do decisor não for considerado no desenvolvimento de SADG, será perdida inteligência valiosa que torna toda a discussão e interação entre os agentes dentro do sistema muito menos realista.

É neste contexto que é importante perceber o trabalho que tem sido realizado na área do estudo da personalidade e a forma como ele pode ser interligado com a área da tomada de decisão em grupo. São de seguida apresentadas algumas das principais contribuições nesta área e que influenciaram o trabalho que foi desenvolvido nesta dissertação.

### 2.3.1 Tipos psicológicos

Carl Jung, fundador da psicologia analítica, em 1921 [Jung, 1971] foi o primeiro psicólogo a propor um modelo capaz de definir diferentes tipos de personalidades psicológicas baseado em quatro tipos de consciência ou funções (sensação, intuição, pensamento, sentimento):

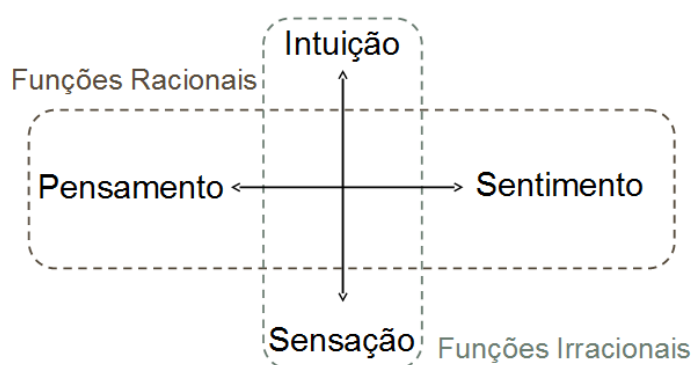


Figura 2 – Representação dos tipos psicológicos de Carl Jung

1. Sensação – A forma como uma pessoa percebe um estímulo através do uso dos órgãos dos sentidos (visão, olfato, audição, paladar, tato);

2. Intuição – A forma como uma pessoa é capaz de adquirir conhecimento e chegar a conclusões sem inferir ou raciocinar;
3. Pensamento – A forma como uma pessoa organiza as ideias e pensamentos mentalmente, e como raciocina acerca do mundo que a rodeia;
4. Sentimento – A forma como uma pessoa sente as emoções.

Tanto o pensamento como o sentimento são funções racionais porque para as utilizar é feito um pensamento consciente. Por exemplo, para uma pessoa dizer que se sente feliz, foi preciso fazer uma análise mental de todos os eventos que aconteceram no passado e que a afetaram de forma a que ela se sinta feliz. O mesmo acontece com a função do pensamento onde é feita um raciocínio perante alguma situação. Por exemplo: responder a uma pergunta que foi colocada.

As funções da intuição e da sensação são irracionais porque quando são utilizadas é feito um pensamento inconsciente perante um determinado evento. No caso da intuição esta existe quando inconscientemente chegamos a uma conclusão sem sequer ter sido necessário raciocinar para obtê-la, como apanhar um copo que está prestes a cair no chão para este não se parta. Por outro lado, quando é utilizada a sensação também não é feito nenhum pensamento consciente. Entornar sem querer um café quente sobre a perna certamente vai causar sensação de dor imediata que não foi pensada conscientemente.

Jung definiu também dois tipos de atitudes, extraversão e introversão que combinados com as 4 funções apresentadas permitem a definição dos oito tipos psicológicos primários. O trabalho de Jung tornou-se um marco na história da psicologia analítica e serviu como base para o desenvolvimento de muitos outros modelos de personalidade.

### **2.3.2 Modelo RIASEC**

Em 1973, Holland [Holland, 1997] propôs um modelo hexagonal associado ao comportamento vocacional (Modelo RIASEC) onde são distinguidos seis tipos diferentes de personalidade maioritariamente relacionados com ambientes profissionais e que ajudam o indivíduo a escolher o percurso vocacional a seguir. Esses tipos são:

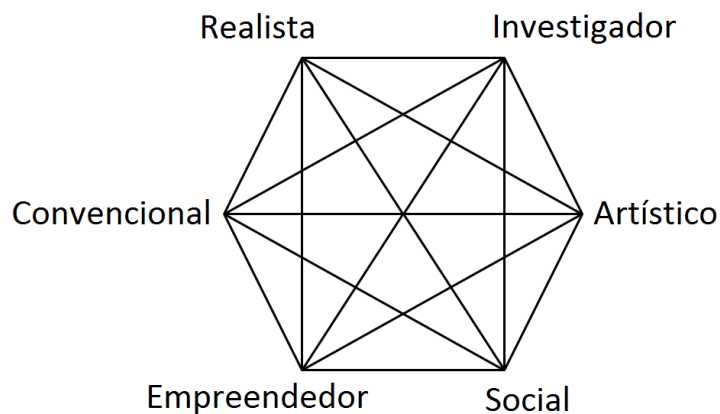


Figura 3 – Representação do modelo RIASEC

1. Realista – Indivíduos realistas valorizam objetos em detrimento de pessoas e ideias. Têm fortes habilidades mecânicas e atléticas e preferem trabalhar ao ar livre com objetos e ferramentas;
2. Investigador – Indivíduos investigadores têm excelentes capacidades analíticas. Preferem trabalhar sozinhos e resolver problemas complexos;
3. Artístico – Indivíduos artísticos mostram um sentido profundo de criatividade e imaginação. Preferem trabalhar em projetos originais e dão muito valor a ideias;
4. Social – Indivíduos sociais têm uma aptitude social muito elevada, e dão muito valor as relações sociais e gostam de ajudar outros indivíduos a resolver os seus problemas. Preferem trabalhar sempre em equipa;
5. Empreendedor – Indivíduos empreendedores mostram uma grande capacidade de comunicação e de liderança, e preocupam-se muitas vezes em conseguir estabelecer uma influência direta sobre os outros indivíduos. Preferem lidar com pessoas e ideias em vez de objetos;
6. Convencional – Indivíduos convencionais dão valor à ordem, organização e eficiência. Demonstram grandes capacidades administrativas e de organização. Preferem lidar com números e palavras em vez de pessoas e ideias.

É importante ter em conta que a distribuição de cada um dos tipos de personalidade segundo o modelo hexagonal de Holland segue um raciocínio lógico sendo que os tipos distribuídos lado a lado são os que partilham mais semelhanças enquanto os opostos são os menos semelhantes.

### 2.3.3 Modelo de Thomas e Kilmann

Thomas e Killmann, em 1975 [Kilmann e Thomas, 1975] baseando-se nos estudos de Carl Jung e num modelo de administração de conflito proposto por Blake e Mouton [Blake e Mouton, 1964] propuseram um modelo de administração de conflito para lidar com comportamentos interpessoais, onde definem duas dimensões, assertividade (valorização dos objetivos e necessidades pessoais) e cooperatividade (valorização das necessidades dos outros indivíduos e das relações mútuas), e sugeriram cinco modos de comportamento (competitivo, colaborador, comprometedor, fugitivo, complacente):

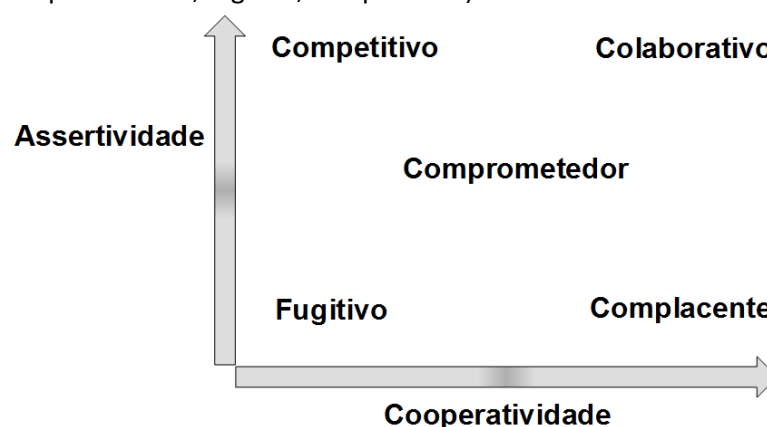


Figura 4 – Representação do modelo de Thomas e Kilmann

1. **Competitivo** – Comportamento associado a um elevado nível de assertividade e um baixo nível de cooperatividade, altamente focado nos interesses pessoais e associado a decisões de “tudo ou nada” em que só a própria opinião prevalece;
2. **Colaborativo** – Comportamento associado a um elevado nível de assertividade e de cooperatividade, adequado para situações em que se pretende estender o número de opções disponíveis e ao mesmo tempo tentar atingir decisões que sejam benéficas tanto para o próprio indivíduo como para os restantes indivíduos;
3. **Comprometedor** – Comportamento associado a um nível intermédio de assertividade e de cooperatividade. É utilizado quando se pretende tomar decisões que sejam minimamente aceitáveis por parte de todos os intervenientes;
4. **Complacente** – Comportamento associado a um baixo nível de assertividade e um elevado nível de cooperatividade, altamente focado nos interesses dos outros indivíduos. É utilizado quando se pretende manter a harmonia da discussão, sem que se prejudique as relações interpessoais;
5. **Fugitivo** – Comportamento associado a um baixo nível de assertividade e de cooperatividade, adequado para situações em que se pretende distanciar de toda a discussão que está a decorrer e ao mesmo tempo manter neutralidade perante a opinião dos restantes intervenientes.

### 2.3.4 Modelo de Rahim e Magner

Em 1995, Rahim e Magner [Rahim e Magner, 1995] criaram um modelo de estilos de conflito para lidar com conflitos interpessoais de acordo com duas dimensões: preocupação com o próprio e preocupação com os outros. A primeira dimensão está relacionada com o nível (baixo, moderado, alto) com que o indivíduo tenta satisfazer as suas próprias necessidades e interesses. A segunda dimensão está relacionada com o nível (baixo, moderado, alto) com que o indivíduo tenta satisfazer as preocupações e interesses dos outros. A combinação destas duas dimensões resulta em cinco estilos para lidar com conflitos interpessoais (integrador, obsequioso, comprometedor, dominador, e fugitivo).

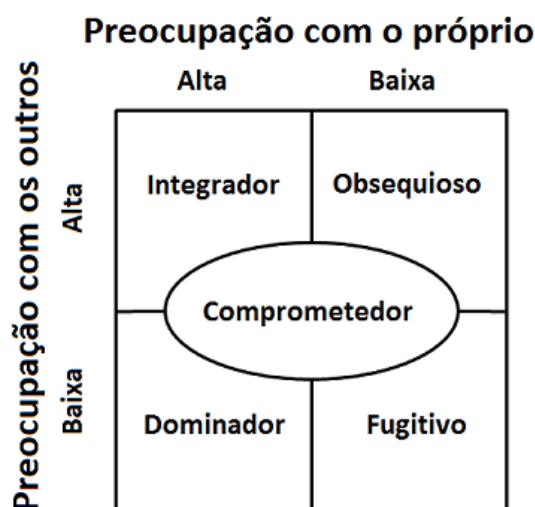


Figura 5 – Representação do modelo de Rahim e Magner

1. Integrador – Este estilo envolve uma preocupação alta pelos interesses do próprio e dos outros intervenientes no conflito. É um estilo que se foca na colaboração entre todos os participantes (por exemplo na troca de informação e na análise das diferenças) de modo a que seja possível atingir uma solução aceitável para todos;
2. Obsequioso – Este estilo envolve uma preocupação baixa pelos próprios interesses e uma preocupação alta pelos interesses dos outros intervenientes no conflito. Um indivíduo obsequioso tenta desvalorizar as diferenças e valorizar os pontos comuns de modo a satisfazer os interesses dos outros participantes;
3. Dominador – Este estilo envolve uma preocupação alta pelos próprios interesses e uma preocupação baixa pelos interesses dos outros. É normalmente associado a comportamentos forçados para conseguir fazer com que os seus interesses prevaleçam sobre os interesses dos outros;
4. Fugitivo – Este estilo envolve uma preocupação baixa pelos próprios interesses e pelos interesses dos outros. Este tipo de comportamento é muitas vezes um comportamento de distanciamento do conflito ou um comportamento em que se



deixa que sejam os outros a resolver os problemas de forma a que se evitem possíveis conflitos entre o próprio e os restantes intervenientes;

5. Comprometedor – Este estilo envolve uma preocupação moderada pelos próprios interesses e pelos interesses dos outros. É normalmente associado a indivíduos que são capazes de fazer trocas mútuas de forma a conseguir resolver conflitos. Isto significa que esses indivíduos conseguem desistir de algum interesse ou preferência se em contrapartida for possível alcançar um acordo que continua a ser aceitável para eles.

### 2.3.5 Cinco Fatores

Apesar de não existir um modelo psicológico universalmente aceite para definir a personalidade de um indivíduo, o modelo dos cinco fatores (*Five Factor Model*) é segundo a literatura [Santos et al., 2009], o modelo psicológico mais aceite na atualidade para esse mesmo propósito. Este modelo foi apresentado pela primeira vez em 1933 por Thurstone e tal como o nome indica é um modelo psicológico que relaciona as expressões comportamentais em cinco fatores ou dimensões básicas: Abertura à experiência, Conscienciosidade, Extraversão, Amabilidade e Neuroticismo.

1. Abertura à experiência (*Openness*) – A abertura à experiência relaciona-se com características como a imaginação, curiosidade, desejo por aventura, etc. Os indivíduos muito abertos à experiência são pouco convencionais e têm facilidade em aceitar novas ideias e valores. Já os indivíduos com pouca abertura à experiência são mais conservadores e dão valor às tradições em vez de novidade.
2. Conscienciosidade (*Conscientiousness*) – A conscienciosidade relaciona-se com características como organização, ordem, trabalho, persistência, escrupulosidade, etc. Os indivíduos muito conscienciosos tendem a ser persistentes, pontuais, organizados e trabalhosos e preferem seguir planos bem definidos e estruturados. Os indivíduos menos conscienciosos tendem a ser desorganizados, viver cada dia de cada vez, despreocupados e agem mais por impulso do que por planeado.
3. Extraversão (*Extraversion*) – A extraversão relaciona-se com características como comunicação, sociabilidade, entusiasmo, etc. Os indivíduos mais extrovertidos tendem a ser otimistas, divertidos, sociais, e dão valor às relações com os outros. Indivíduos mais introvertidos tendem a ser menos sociais e mais solitários, preferindo trabalhar sozinhos, e são mais calmos e reservados.
4. Amabilidade (*Agreeableness*) – A amabilidade relaciona-se com características como concordância, atenção, cooperação e compaixão. Os indivíduos com mais amabilidade tendem a ser gentis, bondosos, simpáticos e atenciosos com os outros. Os indivíduos com menos amabilidade são mais manipulativos, egocêntricos, rudes e desrespeitosos com os outros.

5. Neuroticismo (*Neuroticism*) – O Neuroticismo relaciona-se com características como negatividade, nervosismo, raiva, depressão, etc. Os indivíduos muito neuróticos tendem a ser inseguros, e preocupam-se demasiado com os problemas mesmo que estes sejam triviais ou insignificantes. Os indivíduos menos neuróticos são mais equilibrados a nível emocional, seguros, e relaxados.

Em 1992, Costa e McCrae [Costa e McCrae, 1992] estenderam o modelo dos cinco fatores e apresentaram um modelo em que definem seis facetas para cada um dos fatores, resultando em trinta traços de personalidade possíveis. Para cada traço é definido o tipo de personalidade consoante o nível do fator considerado: alto (+), médio e baixo (-).

Tabela 2 – Modelo dos cinco fatores

| Nível                    | Baixo(-)                                 | Médio                                    | Alto(+)                           |
|--------------------------|--|--|-----------------------------------|
| <b>Neuroticismo</b>      | <b>Resistente (N-)</b>                   | <b>Recetivo (N)</b>                      | <b>Reativo(N+)</b>                |
| N1: Ansiedade            | Calmo, corajoso                          | Preocupado, calmo                        | Tenso, medroso                    |
| N2: Hostilidade          | Amigável, não se ofende                  | Alguma irritabilidade                    | Irritável, frustável e zangado    |
| N3: Depressão            | Com esperança, otimista                  | Ocasionalmente triste                    | Sem esperança, triste             |
| N4: Auto Consciência     | Seguro, à vontade                        | Por vezes fica embaraçado                | Envergonhado, embaraçado          |
| N5: Impulsividade        | Resiste aos desejos                      | Às vezes cede aos desejos                | Incapaz de resistir às tentações  |
| N6: Vulnerabilidade      | Calmo, resistente                        | Algum stress                             | Nervoso                           |
| <b>Extroversão</b>       | <b>Introvertido (E-)</b>                 | <b>Ambivertido (E)</b>                   | <b>Extrovertido (E+)</b>          |
| E1: Acolhimento          | Frio, normal                             | Atencioso, amável                        | Amigável, conservador, afetuoso   |
| E2: Gregariedade         | Evita multidões, solitário               | Sozinho ou com os outros                 | Gregário, alegre, social          |
| E3: Assertividade        | Evita afirmar-se                         | Tenta afirmar-se                         | Dominante                         |
| E4: Atividade            | Sem pressa                               | Passo médio                              | Energético                        |
| E5: Procura de excitação | Cauteloso                                | Ocasionalmente precisa de emoções fortes | Exibicionista, aprecia estímulos  |
| E6: Emoções positivas    | Plácido, sério                           | Por vezes é alegre e divertido           | Alegre, espirituoso, divertido    |
| <b>Abertura</b>          | <b>Defensor (O-)</b>                     | <b>Moderado (O)</b>                      | <b>Explorador (O+)</b>            |
| O1: Fantasia             | Realista, prático                        | Pouco imaginativo                        | Imaginativo                       |
| O2: Estética             | Insensível à beleza                      | Aprecia a estética                       | Valoriza a estética               |
| O3: Sentimentos          | Leque limitado de emoções                | Recetivo a sentimentos                   | Emotivo, sensível, empático       |
| O4: Ações                | Prefere o familiar                       | Uma mistura                              | Procura novidade                  |
| O5: Ideias               | Pragmático                               | Alguma curiosidade                       | Curioso                           |
| O6: Valores              | Dogmático                                | Moderado                                 | Tolerante                         |
| <b>Amabilidade</b>       | <b>Desafiador (A-)</b>                   | <b>Negociador (A)</b>                    | <b>Adaptável (A+)</b>             |
| A1: Confiança            | Cínico                                   | Prudente                                 | Confiável                         |
| A2: Rectidão             | Calculista                               | Diplomático                              | Franco e frontal                  |
| A3: Altruísmo            | Centrado em si                           | Disposto a ajudar                        | Gosta de ajudar                   |
| A4: Conformidade         | Contestador                              | Moderado                                 | Complacente                       |
| A5: Modéstia             | Arrogante                                | Moderado                                 | Humilde                           |
| A6: Sensibilidade        | Realista, racional                       | Por vezes influenciado por sentimentos   | Guiado por sentimentos ao ajuizar |
| <b>Conscienciosidade</b> | <b>Flexível (C-)</b>                     | <b>Equilibrado (C)</b>                   | <b>Concentrado (C+)</b>           |
| C1: Competência          | Sente-se incapaz                         | Preparado                                | Sente que é capaz                 |
| C2: Ordem                | Desleixado                               | Meio organizado                          | Organizado                        |
| C3: Obediência, dever    | Irresponsável                            | Tem em conta as prioridades              | Adesão a padrões de conduta       |
| C4: Luta, realização     | Não ambicioso                            | Procura ter êxito                        | Atraído pelo êxito                |
| C5: Auto-disciplina      | Prostrado, desiste em face da frustração | Misto de trabalho e diversão             | Persistente e focado no trabalho  |
| C6: Deliberação          | Espontâneo                               | Pensativo                                | Cauteloso                         |

Posteriormente, Howard e Howard [Howard e Howard, 1995], baseando-se nestas trinta facetas, separaram diferentes estilos de comportamento e identificaram temas relacionados. Segundo eles um tema corresponde a “*um traço ao qual pode ser atribuído uma combinação de dois ou mais traços em separado*”. Esses estilos de comportamento e temas foram baseados em senso comum ou pesquisas gerais que fizeram e são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Temas baseados nos cinco fatores

| <b>Categoria do Tema</b>                   | <b>Tema</b>          | <b>Componentes</b>  |
|--|----------------------|---------------------|
| <b>Estilo de liderança</b>                 | Visionário           | O+, A-              |
|  | Catalisador          | O+, A+              |
|  | Resolve os problemas | O-, C-              |
|  | Tradicionalista      | O-, C+              |
| <b>Hexágono de Holland</b>                 | Realista             | O-, A+              |
|  | Investigador         | E-, O+, C-          |
|  | Artístico            | N+, E+, O+, A-, C-  |
|  | Social               | N-, E+, A+          |
|  | Empreendedor         | E+, A-, C+          |
|  | Convencional         | E-, O-, A+, C+      |
|  | Negociador           | N, E (+), A, C (-)  |
|  | Agressivo            | N+, E+, A-, C+      |
| <b>Estilos de conflito</b>                 | Submissivo           | N-, E-, A+, C-      |
|  | Fugitivo             | N+, E-, C-          |
| <b>Estilos de aprendizagem</b>             | Sala de aula         | N+, E-              |
|  | Tutorial             | N+, E+              |
|  | Correspondência      | N-, E-              |
|  | Independente         | N-, E+              |
| <b>Estilos de decisão</b>                  | Autocrático          | N+, O-, A-, C+      |
|  | Burocrático          | N-, C+              |
|  | Diplomata            | N-, A, C-           |
|  | Consensual           | N+, E+, A+, C       |
| <b>Exemplos de carreiras profissionais</b> | Empreendedor         | E+, O+, A, C+       |
|  | Comissário de bordo  | N+, E+, O+          |
|  | Treinador            | N (+), E+, O, A+, C |
|  | Vendas               | N-, E+, O, A, C+    |

O modelo dos cinco fatores não é uma teoria, mas apesar disso este apresenta uma nova taxionomia preponderante na definição da personalidade, e que permite uma descrição muito próxima da personalidade real do indivíduo. Por esse motivo é fácil verificar a facilidade com que este modelo acabou por ser aceite e utilizado dentro da área da psicologia.

## 2.4 Problema multi-critério

Uma das áreas relacionadas com a tomada de decisão é a área que lida com problemas multi-critério. Este tipo de problemas, tal como o nome indica referem-se a todo o tipo de problemas em que se lida com a escolha de uma entre várias alternativas possíveis. Para escolher a melhor alternativa são comparados múltiplos critérios, muitas vezes conflituosos entre si. Em seguida serão descritos alguns exemplos de problemas multi-critério:

Um primeiro exemplo é a compra de uma casa, em que os critérios poderiam ser o preço, a área de habitação, a localização, o espaço envolvente, etc. Para algumas pessoas o critério mais importante poderia ser o preço, enquanto para outras o critério mais importante poderia ser a localização.

Um outro exemplo pode ser a escolha de um restaurante para comemorar um evento, tendo como possíveis critérios o preço, a qualidade da comida, o tempo de espera, a localização, etc. Certamente algumas pessoas dariam mais importância ao preço, outras estariam dispostas a pagar mais desde que a qualidade da comida fosse também melhor.

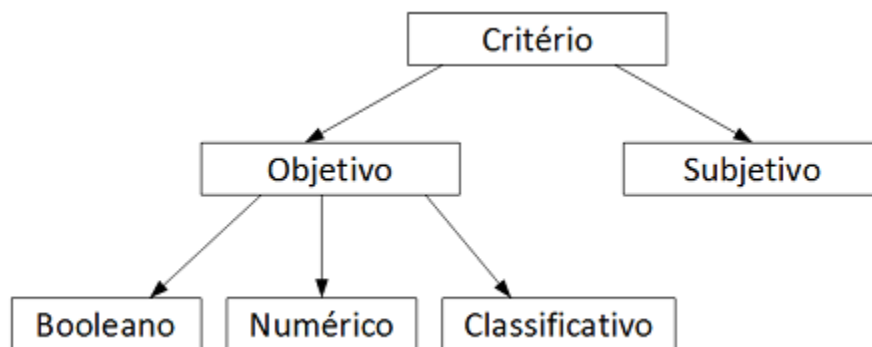


Figura 6 – Tipos de critérios (Adaptado de Carneiro 2015)

Devido ao facto de os critérios serem conflituosos, o decisor deverá ponderar entre as várias alternativas (soluções) do problema, qual a que será mais satisfatória. Isso implica a escolha de uma solução reúne os melhores valores para os critérios que o decisor der mais importância.

Segundo Carneiro [Carneiro et al., 2015a], os critérios podem ser de dois tipos, objetivos e subjetivos.

**Objetivos** – Critérios objetivos são critérios que podem ser comparados consoante o valor para cada alternativa e consoante o valor que é dado para o próprio critério, caso este seja de maximização (quanto maior melhor) ou de minimização (quanto menor melhor), ou veracidade (sim) ou falsidade (não). Por exemplo, se considerarmos o critério preço e sabendo que este critério é de minimização então a melhor alternativa para este critério será a mais económica. Da mesma forma, se todos os participantes dessem apenas importância a esse critério, então muito provavelmente a alternativa escolhida seria a mais económica.

Sendo assim é assumido a existência de três tipos de critérios objetivos, que são critérios numéricos, booleanos, e classificativos.

1. Numérico – Os critérios do tipo numérico podem ser medidos, tais como tamanho, distância, tempo de espera, preço, etc;
2. Booleano – Os critérios do tipo booleano são utilizados em situações em que um atributo pode ser classificado apenas em dois valores, verdadeiro ou falso (sim ou não, 0 ou 1). A situação mais vantajosa poderá ser especificada, por exemplo se considerarmos na compra de um carro o critério ter ou não ar condicionado, se o valor que é dado para este critério seja positivo (sim), então as melhores alternativas para este critério serão aquelas que têm ar condicionado.
3. Classificativo – Os critérios do tipo classificativo são utilizados para especificar atributos que seguem uma determinada ordem classificativa. Por exemplo, no recrutamento de um novo funcionário para uma empresa se for considerado o critério de certificado de nível de inglês, os candidatos que possuam o nível “*Proficiency*” serão superiores a candidatos com o certificado “*Advanced*” ou “*First*” para este tipo de critério.

**Subjetivos** – Critérios subjetivos são critérios que não podem ser comparados e para os quais não faz sentido argumentar a favor ou contra. Por exemplo considerando apenas o critério cor na compra de um carro não é possível dizer que este ou aquele carro é melhor tendo em conta a cor, porque alguns indivíduos podem preferir uma cor, outros podem preferir outra.

Consoante os diferentes critérios e as alternativas que forem consideradas, cada decisor poderá indicar a sua preferência relativa aos mesmos. Isso permite perceber a importância que é dada às preferências dos participantes no processo da tomada de decisão em grupo. São essas preferências que algumas vezes podem ser comparadas, outras vezes não e que para além de todas as variantes que têm vindo a ser abordadas neste capítulo que afetam o processo de tomada de decisão em grupo irão permitir que por vezes se atinjam uma solução, por vezes outra.

No capítulo 3 será especificado o formulário para a configuração de problemas multi-critério que foi definido e publicado no decorrer desta dissertação e que foi utilizado durante o desenvolvimento da *framework*.

## 2.5 Negociação automática

Um dos aspetos mais importantes dos SMA está relacionado com a autonomia e inteligência que é necessária que os agentes apresentem para conseguirem suportar decisões em conjunto com outros agentes. Agentes que representam decisores reais devem ter a inteligência e a capacidade de defender os interesses dos seu decisores e para o conseguirem

por vezes têm de negociar com outros agentes. A definição atribuída ao processo de negociação entre agentes não é universal e ao longo dos anos têm vindo a ser apresentadas diferentes visões neste tópico. Em 1999, Beer e seus colegas [Beer et al., 1999] identificaram a negociação entre agentes como *“uma forma chave de interação que permite a grupos de agentes de conseguirem chegar a um acordo mútuo no que diz respeito a alguma crença, objetivo ou plano”*. Em 2001, Jennings e seus colegas [Jennings et al., 2001] definiram a negociação como sendo *“uma procura distribuída num espaço de possíveis acordos”*. Mais tarde em 2003, Rahwan e seus colegas [Rahwan et al., 2003] descreveram a negociação como *“uma forma de interação em que um grupo de agentes com interesses conflituosos e um desejo de cooperar tentam chegar a um acordo mutuamente aceitável em relação à divisão dos recursos escassos”*. Em 2011 Hadidi [Hadidi et al., 2011] e colegas definiram a negociação como *“um processo de procura de um acordo entre dois ou mais agentes em relação a um ou mais problemas”*. Apesar de todas as definições apresentadas serem diferentes algumas ideias sobressaem e são muito semelhantes, o que leva a concluir que negociação entre agentes é um processo que envolve pelo menos dois agentes e do qual depende a interação entre os mesmos e da forma como conseguem chegar ou não a um acordo mútuo. Esse acordo poderá acarretar uma troca ou partilha de recursos ou seja, existirão situações em que dois agentes serão obrigados a sacrificar alguns dos interesses para que seja possível chegar a um acordo que não seja o mais benéfico para ambos, mas será pelo menos o mais satisfatório dada a situação da negociação.

Beer e seus colegas [Beer et al., 1999] identificaram três áreas de pesquisa relacionadas com a negociação, que são *protocolos de negociação*, *objetos de negociação* e *modelos racionais*. Em relação aos protocolos de negociação, estes incluem um conjunto de regras utilizadas para controlar a interação entre os agentes, o que inclui: o tipo de participantes, os estados de negociação e as ações que são válidas de acordo com o tipo de participante e o estado considerado. Sarit Kraus em 2001 [Kraus, 2001] questionou o tipo de parâmetros que deveriam ser utilizados nos protocolos de negociação e identificou cinco parâmetros que são: tempo de negociação, eficiência, simplicidade, estabilidade, e troca de dinheiro. Os objetos de negociação incluem todos os problemas para os quais deverá ser chegado a um acordo, tais como preço, qualidade, etc. Por fim os modelos racionais são os instrumentos de tomada de decisão utilizados pelos agentes para conseguirem atingir os seus objetivos.

De seguida serão apresentados os três principais mecanismos de negociação automática introduzidos na literatura que são a teoria de jogos, as aproximações heurísticas e a argumentação [Jennings et al., 2001].

### **2.5.1 Teoria de jogos**

A teoria de jogos é uma aplicação dentro da área da Economia e foi inicialmente proposta por von Neuman e Morgenstern em 1944 [Von Neuman e Morgenstern, 2007]. A teoria de jogos tal como o nome indica surgiu do estudo de vários tipos de jogos e observa o tipo de

interações entre os agentes que possuem interesses próprios. Dessa forma a análise que é feita por um agente recai na tentativa de encontrar a melhor estratégia possível para resolver um problema. Para tal o agente deverá assumir que os restantes agentes também têm interesses próprios e que estes agem da mesma forma, ou seja, que também pretendem otimizar as decisões tomadas [Jennings et al., 2001]. A solução é encontrada quando as estratégias dos agentes estão em equilíbrio [Santos, R. 2010]. Segundo Jennings e seus colegas [Jennings et al., 2001] dado um cenário de negociação que envolva o uso de agentes autónomos, a teoria de jogos pode ser utilizada para lidar com dois tipos de problemas:

1. Definição de um protocolo que restringe as propostas que os agentes podem trocar durante a negociação e que recorre a vários tipos de mecanismos como *“sucesso garantido”*, *“maximização do bem-estar social”*, *“racionalidade individual”*, etc;
2. Definição de uma estratégia em particular a ser adotada por um agente individual durante a negociação, de forma a maximizar o seu bem-estar. A dificuldade deste processo recai sobre o facto de por vezes em teoria uma estratégia parecer ser a ideal mas na realidade ser impossível transportar essa mesma estratégia para um ambiente computacional.

Os principais problemas associados a este tipo de negociação são [Jennings et al., 2001]:

1. A teoria de jogos permite caraterizar as preferências de um agente com respeito a possíveis resultados. Já os humanos têm muito mais dificuldade em definir consistentemente preferências sobre resultados. Ou seja, este tipo de negociação pode funcionar bem em cenários cujas preferências são óbvias, mas em cenários que envolvam problemas com múltiplos critérios já se torna muito mais difícil a sua utilização.
2. A teoria de jogos não consegue fornecer um modelo geral para controlar a escolha racional em situações interdependentes. Em vez disso apenas consegue produzir um número de modelos altamente especializados que apenas são aplicáveis a tipos específicos de tomada de decisão interdependente.
3. A teoria de jogos assume frequentemente que a racionalidade computacional é perfeita e que não é preciso realizar qualquer tipo de computação para encontrar soluções mutuamente aceitáveis dentro de um leque de opções possíveis. Isto significa que é frequentemente assumido que o espaço de possíveis negociações é conhecido por todos os agentes assim como todos os possíveis resultados. Esta afirmação quase nunca se verifica uma vez que os agentes tipicamente conhecem apenas o seu próprio espaço de informação mas desconhecem os espaços dos oponentes. Se em teoria a ideia de uma racionalidade perfeita pode parecer muito útil na prática é inaplicável.



### 2.5.2 Aproximações heurísticas

As aproximações heurísticas surgiram como um novo tipo de negociação que pretende ultrapassar muitas das limitações da teoria de jogos, mais principalmente no que respeita a custos computacionais e de tomada de decisão que são necessários. Nas aproximações heurísticas deixa-se de se tentar procurar as soluções que são ótimas e passa-se apenas a tentar procurar uma solução que seja boa o suficiente tendo em conta pressupostos mais baixos relativos a capacidade de raciocínio dos agentes e dos recursos disponíveis [Rahwan et al., 2003].

Jennings e seus colegas [Jennings et al., 2001] referem as principais vantagens da utilização deste tipo de negociação como sendo:

1. Os modelos são baseados em pressupostos realistas, conseguindo oferecer uma base mais sólida para a automatização e consequentemente conseguirem abranger um maior conjunto de domínios para os quais podem ser aplicados.
2. O desenho dos agentes permite a utilização de modelos racionais com menos restrições comparados aos modelos da teoria de jogos, o que resulta também no desenvolvimento de diferentes tipos de arquiteturas de agente.

Sendo assim, a principal preocupação passa por modelar heurísticamente a forma como o agente toma decisões durante a negociação. Segundo Jennings e seus colegas, o espaço de possíveis acordos é representado por contratos que têm diferentes valores consoante o problema em questão. Cada agente valoriza cada um dos contratos recorrendo a uma função de utilidade e depois são trocadas propostas e contra-propostas para cada um dos contratos. A procura de uma solução termina quando alcançarem um acordo relativa a uma solução que é mutuamente aceitável para ambas as partes ou quando o tempo estabelecido para chegar a um acordo termina.

Apesar de os modelos heurísticos conseguirem resolver alguns dos problemas dos modelos utilizados na teoria de jogos estes também passam a apresentar algumas limitações, como [Jennings et al., 2001]:

Os modelos selecionam acordos que deixam de ser ótimos e apenas passam a utilizar uma noção aproximada de racionalidade perfeita e também porque não conseguem examinar todo o espaço de resultados possíveis.

Os modelos requerem de uma análise e avaliação extensiva, quer através de simulações ou de análise empírica já que é impossível prever com precisão como o sistema e os respetivos agentes se irão comportar em diferentes situações.

### 2.5.3 Argumentação

Dois dos principais problemas partilhados pelos dois tipos de negociação anteriormente apresentados recaem sobre o fato de as propostas que são trocadas pelos agentes utilizando estes modelos de negociação serem limitadas e de os agentes não serem capazes de trocar outro tipo de informação adicional que seja relevante. Estes problemas podem ser prejudiciais quando os agentes possuem conhecimento limitado do ambiente de discussão e quando as suas escolhas dependem das escolhas de outros agentes. Outro problema está relacionado com o facto das definições do agente (preferências e utilidades) serem configuradas apenas antes do processo de interação o que pode ser insuficiente em casos como negociações conjuntas em que os agentes detêm informação incompleta limitando a sua capacidade de negociação [Rahwan et al., 2003].

A negociação baseada em argumentação surgiu de forma a resolver estes problemas, de modo a que os agentes sejam capazes de trocarem informação adicional juntamente com as propostas enviadas de forma a justificar ou explicar a sua opinião sob a forma de argumentos. Da mesma forma um agente que recebe e recusa uma proposta poderá responder justificando o porquê de não aceitar a proposta recebida.

Esta nova forma de troca de propostas durante o processo de negociação permite a que haja uma redefinição não só do espaço de aceitação de cada agente (através da redefinição de preferências) mas também do próprio espaço da negociação [Jennings et al., 2001].

Kraus e colegas em 1998 [Kraus et al., 1998] identificaram seis tipos principais de argumentos trocados pelos agentes com recurso a uma linguagem que representa crenças desejos e intenções. Estes tipos de argumentos assemelham-se a argumentos utilizados no dia a dia de cada pessoa e são trocados de uma forma iterativa de acordo com a sua ordem de força. Esses argumentos são:

1. Apelo à prática comum – Utilizado quando um agente verifica que o agente adversário irá recusar a agir de uma certa forma porque tal contradiz os seus objetivos. Assim o agente apela para o facto de no passado um outro agente ter aceite agir dessa forma nas mesmas condições.
2. Apelo a contra exemplo – Utilizado quando um agente faz um pedido a outro agente e o pedido é recusado porque tal contradiz os seus objetivos ou intenções. O agente reivindica como contra exemplo que no passado esse agente agiu de uma forma que também foi contra os seus objetivos e intenções.
3. Apelo a promessas passadas – Utilizado quando um agente espere que outro agente aceite o seu pedido com base em alguma promessa feita no passado,
4. Apelo ao interesse do oponente – Utilizado quando um agente espera que outro agente aceite o seu pedido apelando ser do seu interesse aceitar tal pedido.

5. Promessas de uma recompensa futura – Utilizado quando um agente espera que outro agente aceite o seu pedido prometendo agir de uma certa forma no futuro que irá contribuir para os seus desejos.
6. Troca de ameaça – Utilizado quando um agente espera que outro agente aceite o seu pedido prometendo agir de uma certa forma no futuro que irá contradizer os seus desejos.



### 3 Modelação da solução proposta

No capítulo anterior foi apresentada toda a leitura relevante para o desenvolvimento da dissertação, o que incluiu a descrição de vários conceitos relacionados com o processo da tomada de decisão, tais como sistemas de apoio à tomada de decisão, personalidade, problemas multi-critério e negociação automática, nomeadamente argumentação.

O principal objetivo deste trabalho será o desenvolvimento de uma *framework* de argumentação multi-agente para apoio à tomada de decisão ubíqua e serve então o presente capítulo para explicar a forma como a *framework* de argumentação foi construída e também explicar como foi desenvolvido o sistema de apoio à tomada de decisão que irá utilizar a *framework* proposta.

Ainda neste capítulo, e uma vez que o tipo de problemas que são considerados neste trabalho são multi-critério, será também necessário formular o modo como se configuram as especificações do problema, assim como preferências dos próprios decisores.

Serão ainda detalhados todos os pontos principais da conceção do modelo que incluem as definições e pressupostos que foram assumidos.

Sendo assim, e segundo uma estrutura sequencial a conceção da solução proposta divide-se nos seguintes passos:

1. Definição da arquitetura do sistema;
2. Definição do problema;
3. Configurações do organizador da reunião;
4. Configurações do decisor participante;
5. Modelo de decisão;

6. Definição do agente facilitador;
7. Definição do agente participante;
8. Sistema de argumentação;

### 3.1 Arquitetura do Sistema

Tal como foi referido anteriormente as principais entidades que constituem um SADG são o facilitador e os participantes [DeSanctis e Gallupe, 1985]. No desenvolvimento do sistema deste trabalho essas foram também as entidades consideradas, sendo apresentado o agente participante que terá o papel de um decisor e o agente facilitador que terá o papel do organizador real da reunião.

Sendo assim e de uma forma geral é apresentada na Figura 7 a arquitetura do sistema.

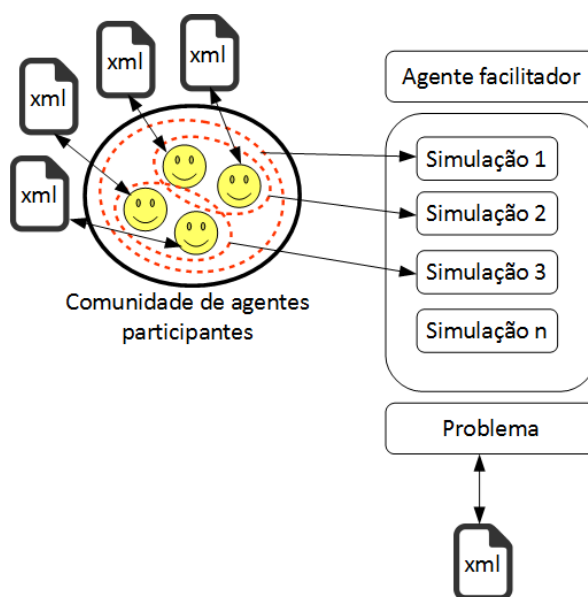


Figura 7 – Arquitetura do Sistema

#### 3.1.1 Agente facilitador

O agente facilitador representa o organizador da reunião e como tal tem a responsabilidade de organizar e controlar cada uma das reuniões simuladas. Em cada reunião será abordado um determinado tipo de problema que é inicialmente configurado pelo organizador. Todas as configurações do problema são depois armazenadas num ficheiro XML que estará disponível para consulta pelo facilitador e pelos participantes no decorrer da simulação da reunião.

O agente facilitador irá seleccionar os agentes que irão participar na simulação, validar o seu registo, e acompanhar todas as suas ações ao longo da simulação. O agente facilitador recebe

todas as mensagens enviadas durante a discussão por parte dos agentes participantes, analisa o conteúdo e age de acordo, sejam essas mensagens declarações, questões ou pedidos.

Outra função do agente facilitador será de controlar o tópico atual de discussão público, recebendo questões e declarações acerca do mesmo tópico e terminando o tópico de discussão quando todos os agentes participantes tiverem dado a sua opinião.

Também é o agente facilitador que acompanha o estado da reunião no sentido de verificar se os participantes já conseguiram chegar a um consenso ou não e se tal acontecer, este deverá dar por concluída a discussão. É também da responsabilidade do facilitador terminar a reunião caso não haja mais informação para ser partilhada entre os agentes participantes.

Por fim e após a reunião terminar, o agente facilitador deverá elaborar um relatório com toda a informação relevante sobre a decisão que foi ou não tomada, e expor os dados relativos às preferências finais dos agentes participantes (por exemplo, o número de agentes a favor de uma determinada alternativa).

Na secção 3.6 serão abordadas com mais pormenor cada uma das funcionalidades mencionadas.

### **3.1.2 Agente participante**

O agente participante representa um decisor real e tem a responsabilidade de defender a sua opinião e os interesses. Cada agente acede a um ficheiro XML ao qual apenas ele tem acesso e que contém toda a informação relativa às preferências do decisor que representa. Essas preferências foram inicialmente configuradas pelo decisor e são relativas: ao problema que estiver a ser considerado; à opinião que detém sobre os outros participantes que foram convocados a participar na discussão; à forma como o agente se deverá comportar ao longo da discussão.

O agente participante tem a obrigação de se registar antes da reunião começar, e de comunicar com os restantes agentes participantes através do facilitador.

Ao longo da discussão o agente participante irá receber mensagens do agente facilitador, sejam questões, declarações ou pedidos feitos por outros agentes participantes e deverá agir de acordo com a mensagem recebida. Isto significa que à medida que o agente participante recebe nova informação acerca das opiniões e preferências dos restantes participantes vai conseguir analisar os pedidos de acordo com essa informação, aceitando ou recusando esses pedidos segundo um conjunto de condições que serão expostas com mais detalhe na secção 3.8. Da mesma forma, em determinadas alturas da discussão o agente participante poderá tomar ele próprio a iniciativa de agir e realizar pedidos a outros agentes como também será explicado com mais detalhe na secção 3.8. Além das mensagens que o agente participante recebe e que foram emitidas por outros agentes participantes, este também irá receber

mensagens específicas do facilitador (por exemplo, uma mensagem a perguntar se quer abrir novo tópico de discussão) e deverá responder apropriadamente.

Após ter exposto publicamente toda a informação que possui acerca do problema, o agente participante tem a responsabilidade de informar o agente facilitador desse facto, o que significa que já não vai acrescentar mais nenhum dado novo à discussão.

Caso o agente participante tenha aberto um novo tópico de discussão e verificar que todos os restantes participantes responderam ao tópico, deverá informar o facilitador sobre essa situação.

Todas estas funcionalidades serão expostas com mais detalhe nas secções 3.7 e 3.8.

## 3.2 Definições do problema

Nesta secção são apresentados todos os conceitos inerentes à definição do problema e que estão de acordo com o contexto do desenvolvimento do trabalho.

**Definição 1:** Seja  $p$  um problema multi-critério ( $p = (C, A, Ag)$ ), em que  $C$  corresponde ao conjunto de todos os critérios considerados ( $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ ),  $A$  corresponde ao conjunto de todas as alternativas consideradas ( $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ ) e  $Ag$  corresponde ao conjunto de todos os agentes que participam no problema ( $Ag = \{ag_1, ag_2, \dots, ag_k\}$ ).

Regra 1: Cada alternativa está relacionada com cada critério. Não pode existir uma alternativa com valores de critérios não considerados no problema.

**Definição 2:** Seja  $c_i$  um critério ( $c_i = \{n_{c_i}, v_{c_i}, m_{c_i}\}$ ) em que  $i \in \mathbb{N}$ ,  $c_i \in C$ ,  $n_{c_i}$  corresponde ao nome associado a esse critério,  $v_{c_i}$  corresponde ao tipo de valor associado a esse critério, que pode tomar os valores: Numérico, Booleano e Classificativo,  $m_{c_i}$  corresponde à magnitude associada ao critério, que pode tomar os valores: Minimização, Maximização, Positivo, Negativo, Sem valor.

**Definição 3:** Seja  $a_i$  uma alternativa ( $a_i = \{n_{a_i}, [c_{1a_i}, c_{2a_i}, \dots, c_{na_i}]\}$ ) em que  $i \in \mathbb{N}$ ,  $a_i \in A$ ,  $n_{a_i}$  corresponde ao nome associado a essa alternativa,  $[c_{1a_i}, c_{2a_i}, \dots, c_{na_i}]$  corresponde à instanciação de todos os critérios.

**Definição 4:** Seja  $l_i$  uma locução ( $l_i = \{type_{l_i}, id_{l_i}, text_{l_i}, context_{l_i}, Var_{l_i}, g_{l_i}\}$ ), em que  $i \in \mathbb{N}$ ,  $type_{l_i}$  corresponde ao tipo de locução (Questão, Declaração ou Pedido),  $id_{l_i}$  corresponde ao código de identificação da locução,  $text_{l_i}$  corresponde ao texto que é associado à locução,  $context_{l_i}$  corresponde ao contexto da locução (Critério, Alternativa ou Sem Contexto),  $Var_{l_i}$  corresponde ao conjunto de variáveis associadas à locução (Alternativa ou Critério),  $g_{l_i}$  corresponde ao domínio da locução (Específico, Geral).



Os tipos de locuções consideradas para o contexto de problema multi-critério são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Locuções de discussão consideradas

| Locução                                | Tipo       | Id | Texto  | Contexto     | Variáveis             | Generalidade         |
|--|------------|----|--|--------------|-----------------------|----------------------|
| Preferência geral de critérios         | Declaração | 1  | “Para mim os critérios mais importantes são/é o 1,2,...,n.”    | Critério     | Critério 1,2,...,n    | Geral                |
| Preferência geral de alternativas      | Declaração | 2  | “Para mim as alternativas mais importantes são/é a 1,2,...,n.” | Alternativa  | Alternativa 1,2,...,n | Geral                |
| Preferência geral de critérios         | Questão    | 3  | “Quais os critérios que consideram mais importantes?”          | Critério     | Critério 1,2,...,n    | Geral                |
| Preferência geral de alternativas      | Questão    | 4  | “Quais as vossas alternativas preferidas?”                     | Alternativa  | Alternativa 1,2,...,n | Geral                |
| Preferência individual de critérios    | Questão    | 5  | “Consideram o critério 1/2/.../n como o mais importante?”      | Critério     | Critério 1/2/.../n    | Específico           |
| Preferência individual de alternativas | Questão    | 6  | “Quem prefere a alternativa 1/2/.../n?”                        | Alternativa  | Alternativa 1/2/.../n | Específico           |
| Acordo                                 | Declaração | 7  | “Concordo.”  | Sem contexto |                       | Específico/<br>Geral |
| Desacordo                              | Declaração | 8  | “Discordo.”  | Sem contexto |                       | Específico/<br>Geral |
| Sem Informação                         | Declaração | 9  | “Não tenho informação para responder a isso.”                  | Sem contexto |                       | Específico/<br>Geral |
| Fim de participação                    | Declaração | 10 | “Não tenho mais nada para dizer.”                              | Sem contexto |                       | Geral                |
| Escolha de alternativa                 | Pedido     | 11 | “Aceitas a alternativa 1?”                                     | Alternativa  | Alternativa 1         | Específico           |
| Aceitação de alternativa               | Declaração | 12 | “Aceito.”  | Alternativa  | Alternativa 1/2/.../n | Específico           |
| Recusa de alternativa                  | Declaração | 13 | “Não aceito.”  | Alternativa  | Alternativa 1/2/.../n | Específico           |

**Definição 4.1:** Seja  $L$  o conjunto de todas as locuções. Para o domínio  $g$  atribuído à locução  $l_i$ , está associado um conjunto de locuções  $L_g$  se  $L_g \subset L$  e  $\forall l_i \in L_g, g_{l_i} = g$ .

**Definição 4.2:** Seja  $L$  o conjunto de todas as locuções. Para um sentido  $t$  atribuído à locução  $l_i$  está associado um conjunto de locuções  $L_t$  se  $L_t \subset L$  e  $\forall l_i \in L_t, type_{l_i} = t$ .

**Definição 4.3:** Seja  $L$  o conjunto de todas as locuções. Para um critério  $c_i$  estão associadas um conjunto de locuções específicas  $L_{e_{c_i}}$  se  $L_{e_{c_i}} \subset L$ ,  $\forall l_j \in L_{e_{c_i}}, g_{l_j} = \text{específico}$ ,  $\forall l_j \in L_{e_{c_i}}, c_i \subset \text{Var}_{l_j}$  e  $\forall l_j \notin L_{e_{c_i}}, c_i \not\subset \text{Var}_{l_j}$ .

**Regra 2:** Qualquer locução  $l_j \in L_{e_{c_i}}$  e  $c_i \subset \text{Var}_{l_j}$  não pode existir uma locução  $l_k$  em que  $c_i \subset \text{Var}_{l_k}$  e  $l_k \notin L_{e_{c_i}}$

**Definição 4.4:** Seja  $L$  o conjunto de todas as locuções. Para uma alternativa  $a_i$  estão associadas um conjunto de locuções específicas  $L_{e_{a_i}}$  se  $L_{e_{a_i}} \subset L$ ,  $\forall l_j \in L_{e_{a_i}}, g_{l_j} = \text{específico}$ ,  $\forall l_j \in L_{e_{a_i}}, a_i \subset \text{Var}_{l_j}$  e  $\forall l_j \notin L_{e_{a_i}}, a_i \not\subset \text{Var}_{l_j}$ .

**Regra 3:** Qualquer locução  $l_j \in L_{e_{a_i}}$  e  $a_i \subset \text{Var}_{l_j}$  não pode existir uma locução  $l_k$  em que  $a_i \subset \text{Var}_{l_k}$  e  $l_k \notin L_{e_{a_i}}$

**Definição 4.5:** Seja  $L$  o conjunto de todas as locuções. Para um contexto  $context$  estão associadas um conjunto de locuções gerais  $L_{ge_{context}}$  se  $L_{ge_{context}} \subset L$ ,  $\forall l_j \in L_{ge_{context}}, g_{l_j} = \text{geral}$  e  $\forall l_j \in L_{ge_{context}}, context_{l_j} = context$ .

**Definição 5:** Seja  $msg_i$  uma mensagem ( $msg_i = \{l_{msg_i}, Arg_{msg_i}, idch_{msg_i}, ag_{e_{msg_i}}, Agr_{msg_i}\}$ ) em que  $i \in \mathbb{N}$ ,  $l_{msg_i}$  refere-se à locução enviada na mensagem,  $Arg_{msg_i}$  refere-se à justificação da locução que pode ser um argumento ou vazio,  $idch_{msg_i}$  refere-se ao código da conversa a que a mensagem pertence,  $ag_{e_{msg_i}}$  refere-se ao agente que emite a locução,  $Agr_{msg_i}$  refere-se ao conjunto de agentes que recebem a locução que pode ser dirigida apenas a um agente ou então a todos os agentes.

**Definição 6:** Seja  $Arg_i$  um argumento ( $Arg_i = \{id_{Arg_i}, text_{Arg_i}, Var_{Arg_i}\}$ ), em que  $i \in \mathbb{N}$ ,  $id_{Arg_i}$  corresponde ao código de identificação do argumento,  $text_{Arg_i}$  corresponde ao texto que é associado ao argumento,  $Var_{Arg_i}$  corresponde ao conjunto de variáveis associadas ao argumento que podem ser critérios e alternativas.

**Definição 7:** Seja  $ag_i$  um agente ( $ag_i = \{b_{ag_i}, L_{ag_i}, C_{ag_i}, A_{ag_i}, M_{ag_i}, C_{p_{ag_i}}, A_{p_{ag_i}}\}$ ) em que  $i \in \mathbb{N}$ ,  $b_{ag_i}$  identifica o estilo de comportamento do agente (Dominador, Comprometedor, Obsequioso, Fugitivo, Integrador),  $L_{ag_i}$  identifica o conjunto de locuções que o agente pode utilizar,  $C_{ag_i}$  identifica o conjunto de critérios preferidos pelo agente, e  $C_{ag_i} \in C$ ,  $A_{ag_i}$  identifica o conjunto de alternativas preferidas pelo agente, e  $A_{ag_i} \in A$ ,  $M_{ag_i}$  é o conjunto de todas as mensagens enviadas ou recebidas pelo agente,  $C_{p_{ag_i}}$  é a lista de critérios preferidos atualizada parcialmente, e  $C_{p_{ag_i}} \geq C_{ag_i}$ , e  $\forall c_j \in C_{ag_i}, c_j \in C_{p_{ag_i}}$ ,  $A_{p_{ag_i}}$  é a lista de alternativas preferidas atualizada parcialmente, e  $A_{p_{ag_i}} \geq A_{ag_i}$ , e  $\forall a_k \in A_{ag_i}, a_k \in A_{p_{ag_i}}$ .

**Regra 4:** Os critérios que fazem parte da lista de critérios preferidos de um agente não atualizada, também fazem parte da lista de critérios preferidos do mesmo agente atualizada,

e o tamanho da lista atualizada será sempre superior ou igual ao tamanho da lista não atualizada. Da mesma forma, as alternativas que fazem parte da lista de alternativas preferidas de um agente não atualizada, também fazem parte da lista de alternativas preferidas do mesmo agente atualizada, e o tamanho da lista atualizada será sempre superior ou igual ao tamanho da lista não atualizada.

**Proposição 1:** O sistema é finito.

**Prova 1:** Um agente  $ag_j$  que tenha preferido  $n_{c_{ag_j}}$  critérios  $\in C_{ag_j}$  e  $n_{a_{ag_j}}$  alternativas  $\in A_{ag_j}$  poderá utilizar de início um total  $n_{l_{ag_j}}$  locuções em que:

$$n_{l_{ag_j}} = \sum_{i=0}^{n_{c_{ag_j}}} L_{e_{c_i}} + \sum_{i=0}^{n_{a_{ag_j}}} L_{e_{a_i}} + L_{ge_{Critério}} + L_{ge_{Alternativa}} + L_{ge_{SemContexto}} \quad (1)$$

Ou seja  $n_l$  corresponde à soma dos somatórios das locuções associadas a cada critério e alternativa preferida desse agente.

À medida que a lista  $C_{ag_j}$  e  $A_{ag_j}$  é atualizada,  $n_{c_{novo\ ag_j}} \in C_{novo\ ag_j}$  e  $n_{a_{novo\ ag_j}} \in A_{novo\ ag_j}$  e  $n_{l_{novo\ ag_j}}$  será:

$$n_{l_{novo\ ag_j}} = \sum_{i=0}^{n_{c_{novo\ ag_j}}} L_{e_{c_i}} + \sum_{i=0}^{n_{a_{novo\ ag_j}}} L_{e_{a_i}} + L_{ge_{Critério}} + L_{ge_{Alternativa}} + L_{ge_{SemContexto}} \quad (2)$$

Este processo repete-se até que no máximo o agente  $ag_j$  considere todos os critérios e alternativas disponíveis como preferidos sendo  $n_{c_{max\ ag_j}} \in C_{max\ ag_j}$  e  $n_{a_{max\ ag_j}} \in A_{max\ ag_j}$  e  $n_{l_{max\ ag_j}}$  será:

$$n_{l_{max\ ag_j}} = \sum_{i=0}^{n_{c_{max\ ag_j}}} L_{e_{c_i}} + \sum_{i=0}^{n_{a_{max\ ag_j}}} L_{e_{a_i}} + L_{ge_{Critério}} + L_{ge_{Alternativa}} + L_{ge_{SemContexto}} \quad (3)$$

Sendo assim é possível concluir que como um agente é apenas atualizado adicionando novas locuções a utilizar, este poderá utilizar no máximo um conjunto de locuções que corresponde à totalidade de todos os critérios e alternativas consideradas e as restantes locuções sem contexto específico, verificando-se dessa forma que o sistema é finito.

**Definição 7.1:** Seja  $b_i = \{rc_{b_i}, at_{b_i}, cs_{b_i}, co_{b_i}\}$ , um estilo de comportamento em que  $i \in \mathbb{N}$ ,  $rc_{b_i}$  refere ao nível de resistência à mudança do estilo de comportamento,  $at_{b_i}$  refere ao nível de atividade do estilo de comportamento,  $cs_{b_i}$  refere ao nível de preocupação com o próprio do estilo de comportamento,  $co_{b_i}$  refere ao nível de preocupação com os outros do estilo de comportamento.

### 3.3 Configurações do organizador

O organizador da reunião têm o papel de configurar o problema a ser discutido. Tendo em conta que o tipo de problemas considerados dentro do contexto do trabalho serão problemas multi-critério, as configurações do organizador incluem as seguintes etapas:

1. Definição do problema a ser discutido;
2. Definição dos critérios a serem considerados;
3. Definição das alternativas a serem consideradas;
4. Escolha dos decisores a participar.

Após o preenchimento de todos estes dados o problema será armazenado num ficheiro XML que servirá de base para as configurações seguintes dos participantes e das simulações a realizar.

De seguida serão explicadas cada uma das etapas mencionas.

#### 3.3.1 Definição do problema a ser discutido

Nesta etapa o organizador deve enunciar o problema que será discutido pelos decisores.

É da responsabilidade do decisor ter a noção do tipo de problemas suportados pelo sistema o que significa que não deverá utilizar este sistema para tentar resolver um problema que não seja do tipo multi-critério.

De uma forma simples o organizador poderá identificar o problema com o recurso a uma janela de diálogo de introdução de dados como apresentado na Figura 8.

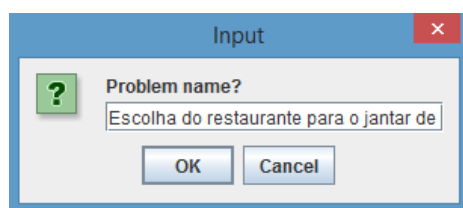


Figura 8–Janela de diálogo de introdução de dados

#### 3.3.2 Definição dos critérios considerados

Após a definição do problema a ser discutido, a etapa seguinte passa pela identificação dos critérios que devem ser considerados na resolução do problema. Estes critérios resultam de uma análise e discussão prévia à configuração do problema por parte do organizador, que pode ter sido por exemplo o resultado de uma discussão com outros intervenientes ou o

resultado de uma sessão de *brainstorming*.

O organizador deverá ter a noção da nomenclatura associada aos diferentes tipos de critérios e que foi apresentada anteriormente na Secção 2.4 de forma a preencher devidamente as informações que forem necessárias (por exemplo se for considerado o critério preço e tiver sido decidido que quanto mais barato for a alternativa escolhida melhor, então este critério será de minimização).

As definições dos critérios podem ser feitos com o recurso a uma interface como a apresentada na Figura 9.

The screenshot shows a window titled "New" with the following content:

Problem name: Escolha do restaurante para o jantar de Natal da empresa  
Number of Criteria: 4  
INSERT CRITERIA INFORMATION

| Criterion | Name              | Value   | Magnitude    |
|-----------|-------------------|---------|--------------|
| 1         | Preço por pessoa  | Number  | Minimization |
| 2         | Tempo de espera   | Number  | Minimization |
| 3         | Distância da empr | Number  | Minimization |
| 4         | Zona de fumadore  | Boolean | Maximization |

Submit

Figura 9 –Janela de definições dos critérios

### 3.3.3 Definição das alternativas consideradas

A etapa seguinte será a definição das alternativas consideradas e para tal o organizador deverá preencher a informação de acordo com os critérios anteriormente definidos, ou seja, para cada alternativa deverá ser especificado o valor de cada critério considerado. As alternativas selecionadas também resultam de um discussão prévia à configuração do problema.

De seguida é apresentada na Figura 10 uma possível interface para a definição das alternativas.

**INSERT ALTERNATIVES INFORMATION**

| Alternative | Name             | Preço por pessoa (€) | Tempo de espera (min) | Distância da empresa (km) | Zona de fumadores |
|-------------|------------------|----------------------|-----------------------|---------------------------|-------------------|
| 1           | Restaurante Xpto | 10                   | 50                    | 3                         | Yes               |
| 2           | Restaurante Ypto | 20                   | 40                    | 2                         | Yes               |
| 3           | Restaurante Zpto | 15                   | 30                    | 4                         | No                |

Figura 10 – Janela de definições das alternativas

### 3.3.4 Escolha dos decisores

O último passo na configuração do problema passa pela escolha dos decisores a participar na discussão. Para a escolha dos decisores é sempre necessária uma análise prévia que não será objeto de estudo deste trabalho mas que serve para selecionar os decisores mais indicados para a resolução do problema. O processo de seleção pode depender de vários fatores, tais como o conhecimento ou experiência demonstrada no passado pelo decisor, relacionamento com o decisor, etc.

Cada decisor que seja escolhido a intervir na discussão deve ser notificado por um aviso (por exemplo envio de um email a informar que foi inserido num processo de tomada de decisão em grupo de um problema para o qual ele deverá configurar a sua opinião e preferências).

Uma possível interface para a escolha dos decisores é apresentada na Figura 11.

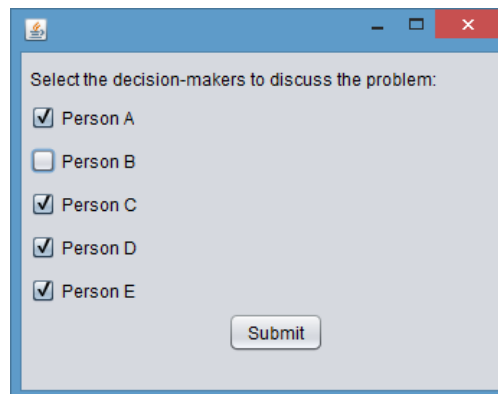


Figura 11 – Janela de seleção dos decisores

### 3.3.5 Gravação dos dados

Depois do organizador configurar os dados relativos ao problema, estes serão gravados num ficheiro XML que apresenta o seguinte formato:

```
<problem>
  <id>PR-1</id>
  <name>Escolha do restaurante para o jantar de Natal da empresa</name>
  <alternatives>
    <problem.Alternative>
      <name>Restaurante Xpto</name>
      <criteria>
        <problem.CriterionValue>
          <criterion>
            <name>Preço por pessoa (€)</name>
            <value>Number</value>
            <magnitude>Minimization</magnitude>
          </criterion>
          <value>10</value>
        </problem.CriterionValue>
        <problem.CriterionValue>
          <criterion>
            <name>Tempo de espera (min)</name>
            <value>Number</value>
            <magnitude>Minimization</magnitude>
          </criterion>
          <value>50</value>
        </problem.CriterionValue>
        <problem.CriterionValue>
          <criterion>
            <name>Distância da empresa (km)</name>
            <value>Number</value>
            <magnitude>Minimization</magnitude>
          </criterion>

```

```

        <value>3</value>
    </problem.CriterionValue>
    <problem.CriterionValue>
        <criterion>
            <name>Zona de fumadores</name>
            <value>Boolean</value>
            <magnitude>Positive</magnitude>
        </criterion>
        <value>Yes</value>
    </problem.CriterionValue>
</criteria>
</problem.Alternative>
...
</alternatives>
<criteria>
    <problem.Criterion
reference="../../alternatives/problem.Alternative/criteria/
problem.CriterionValue/criterion"/>
    ...
</criteria>
<criteriaclassificationorder/>
<agents>
    <problem.Agent>
        <name>Person A</name>
        <agentsPreferences/>
        <requestMessagesSent/>
    </problem.Agent>
    ...
</agents>
</problem>

```

Código 2 – Ficheiro das configurações do problema

### 3.4 Configurações do decisor

Depois da definição e configuração do problema por parte do organizador da reunião e depois de os decisores selecionados para fazerem parte do processo da tomada de decisão serem devidamente notificados, será necessário que estes preencham os dados do problema de acordo com as suas preferências e interesses.

Para tal é de seguida apresentado o modelo de definição individual que foi publicado no decorrer do desenvolvimento deste trabalho [Carneiro et al., 2015e] e que será utilizado nas configurações do decisor.

Este modelo inclui um conjunto de pontos que devem ser considerados na modelação de problemas multi-critério e que irão permitir que o sistema consiga tirar partido de mecanismos mais inteligentes, ao considerar toda a informação (tanto objetiva como subjetiva)



que afeta o processo de tomada de decisão. Estes pontos serão também fundamentais para que seja possível obter uma grande quantidade de informação, não só diretamente (através da configuração que é feita) mas também indiretamente através de como esses pontos se relacionam e como afetam o processo de tomada de decisão, o que irá levar a que se consigam obter decisões mais inteligentes e próximas da realidade.

### **3.4.1 Metodologia proposta**

Definir um ambiente de configuração para o qual o decisor consiga modelar um problema multi-critério é um processo complexo, ainda mais quando o cenário considerado contempla decisores como chefes e executivos que têm agendas demasiado preenchidas. O ambiente de configuração deverá ser definido de forma a:

1. Não exigir configurações obrigatórias;
2. Apresentar uma interface fácil de usar;
3. Disponibilizar sempre os dados;
4. Permitir ao decisor modelar a sua opinião mais corretamente;

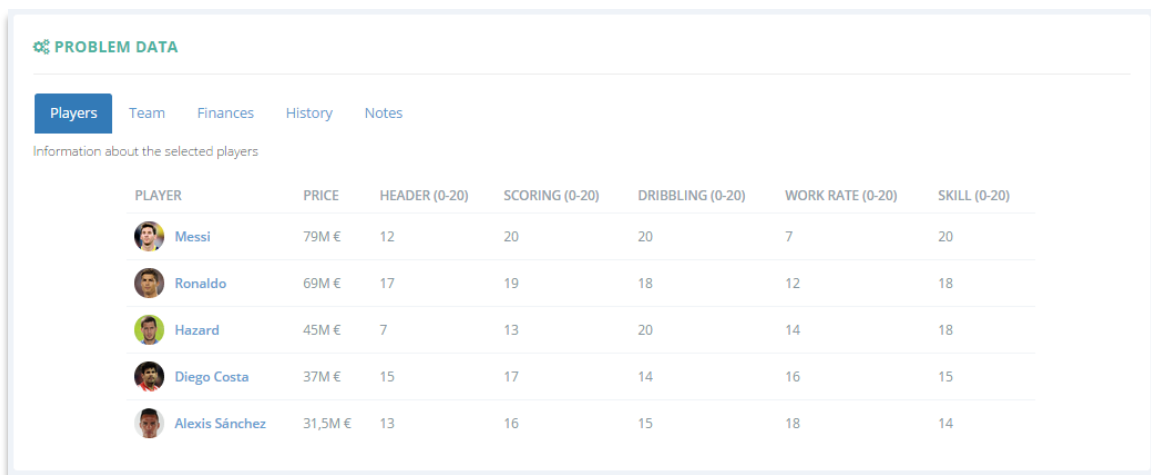
Estes requisitos são agrupados em três secções principais e que serão utilizadas nas configurações do decisor: dados do problema, configurações pessoais, configurações do problema. Todos estes dados estão sempre disponíveis para que o decisor os possa consultar sempre que achar necessário.

#### **3.4.1.1 Dados do problema**

Nesta secção é apresentada a informação específica do problema introduzido pelo organizador e que tal como foi referida anteriormente resulta de várias formas de aquisição de dados como sessões *brainstorming*.

Tanto os critérios como as alternativas que forem consideradas são possíveis tópicos de discussão por parte dos decisores e são essenciais para que se consiga alcançar uma decisão consensual para resolver o problema. Além das alternativas e critérios admitidos poderá também ser disponibilizado um outro conjunto de dados que possam ser relevantes para o problema como dados históricos, questões culturais e financeiras, etc.

Na Figura 12 é apresentado um cenário que servirá como base para as configurações do decisor e que contém toda a informação necessária para que este facilmente perceba o contexto do problema a ser resolvido. Esta informação é apresentada de uma forma simples, mas organizada e acessível para o utilizador.



**PROBLEM DATA**

Players Team Finances History Notes

Information about the selected players






| PLAYER  | PRICE   | HEADER (0-20) | SCORING (0-20) | DRIBBLING (0-20) | WORK RATE (0-20) | SKILL (0-20) |
|---|---------|---------------|----------------|------------------|------------------|--------------|
|  <b>Messi</b>          | 79M €   | 12            | 20             | 20               | 7                | 20           |
|  <b>Ronaldo</b>        | 69M €   | 17            | 19             | 18               | 12               | 18           |
|  <b>Hazard</b>         | 45M €   | 7             | 13             | 20               | 14               | 18           |
|  <b>Diego Costa</b>    | 37M €   | 15            | 17             | 14               | 16               | 15           |
|  <b>Alexis Sánchez</b> | 31,5M € | 13            | 16             | 15               | 18               | 14           |

Figura 12 – Dados do problema

#### 3.4.1.2 Configurações pessoais

Esta secção relaciona-se com a forma como o decisor vai modelar os atributos pessoais, assim como modelar a opinião que tem sobre os restantes decisores que também irão participar na discussão.

A maior parte dos modelos de negociação automática existentes apresentam algumas limitações. Uma das limitações está relacionada com o facto de a opinião dos decisores ser considerada da mesma forma ao longo do processo de apoio à tomada de decisão. Isto significa que a opinião de um decisor que pode nem sequer ter qualquer tipo de conhecimento acerca do problema a ser discutido mas que acaba na mesma por fazer uma configuração terá o mesmo valor e impacto do que a opinião de um perito no problema em questão. Outra limitação está relacionada com o facto de não se considerar o interesse do decisor no problema a ser discutido. Na maior parte dos modelos existentes é impossível saber o interesse ou o nível de comprometimento do decisor na resolução do problema.

Os pontos considerados para esta secção irão permitir uma configuração fácil e intuitiva e que ao mesmo tempo seja capaz de lidar com todos esses fatores que são essenciais para tornar a decisão mais inteligente e mais próxima da realidade. Esses pontos são nível de perícia, estilo de conflito, credibilidade e notas.

Na Figura 13 é apresentada a forma como o decisor poderá facilmente proceder às respetivas configurações pessoais, bastando a simples utilização de um dispositivo de introdução de dados tal como um rato ou teclado ou um *touchscreen*.

**PERSONAL CONFIGURATION**

Expertise Level: ☐ Expert ☒ High ☐ Medium ☐ Low ☐ Null ☐ None

Conflict Style: ☐ Integrating ☐ Dominating ☐ Compromising ☒ Obliging ☐ Avoiding ☐ None

Credibility:

| Selected                            | Name               |
|-------------------------------------|--------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | Steve Jobs         |
| <input type="checkbox"/>            | Bill Gates         |
| <input type="checkbox"/>            | Marie Curie        |
| <input type="checkbox"/>            | Mark Zuckerberg    |
| <input type="checkbox"/>            | Rosalind Franklin  |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Jack Dorsey        |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Harriet Strong     |
| <input type="checkbox"/>            | Irene Joliot-Curie |

Notes: According to our past experiences, Steve, Jack and Harriet have proven to give fair and correct judgment in this context.

Figura 13 – Configurações pessoais

### Nível de perícia do decisor

O nível de perícia é considerado como uma das dimensões da credibilidade (como será explicado no ponto seguinte) e que é afetado por componentes objetivas. O objetivo deste ponto será permitir ao decisor fazer uma autoavaliação relativa ao seu nível de perícia para o problema em questão. São considerados cinco níveis de perícia e que são classificados na seguinte ordem: Especialista, Elevado, Médio, Baixo, e Nulo.

Esta informação pode ser utilizada para várias aplicações. Pode ser usada para comparar a autoavaliação que o decisor faz de si mesmo com o nível de credibilidade que lhe é atribuído pelos restantes participantes, permitindo a que se consigam tirar outro tipo de conclusões. Esta informação pode também ser usada para comparar a autoavaliação com o estilo de conflito escolhido, fornecendo mais conclusões relevantes para utilizar em futuras reuniões.

Existem ainda outras situações que tornam o sistema mais inteligente ao utilizar esta informação: Comparar o nível de perícia com a resistência à mudança de opinião, comparar o nível de perícia com percepção da qualidade de decisão, verificar se outros decisores atribuem credibilidade por razões objetivas ou subjetivas, etc.

### Credibilidade dos outros participantes

Não existe uma definição universal para o termo de credibilidade. Além disso o estudo de credibilidade é altamente multi-disciplinar o que faz com que muitas das definições propostas apenas se apliquem à área para a qual essas definições se aplicam. A definição considerada no contexto da dissertação será a de Flanegin e Metzger [Flanegin e Metzger, 2008] que é “o

*acreditar de uma fonte ou mensagem, que é composto por 2 dimensões principais: confiança e perícia.”.* A dimensão da confiança está relacionada com componentes subjetivas enquanto que a dimensão da perícia está relacionada com componentes objetivas. A credibilidade pode também ser associada a mais conceitos como exatidão, autoridade, reputação, competência, etc.

No modelo de configuração considerado, o decisor pode seleccionar quais os outros decisores que ele considera como credíveis relativos ao problema em questão. Esta avaliação de credibilidade é feita tendo em conta todos os conceitos referidos anteriormente que por sua vez poderão explicar situações tais como quando um decisor considera outro interveniente como credível num determinado problema e não credível noutro problema, ou também situações em que um decisor vê outro interveniente sempre como credível independentemente do problema que estiver a ser considerado (por razões como autoridade, reputação, etc.). Por causa destas condições será importante que permitir que o decisor possa definir a credibilidade para os restantes intervenientes e ao mesmo tempo apenas ele poderá definir o seu próprio nível de perícia.

Os dados obtidos nestas configurações serão essenciais para tornar o sistema mais inteligente. Irá permitir ao agente que recebe uma mensagem avaliar o nível de credibilidade do agente que a enviou. O sistema irá também ser capaz de lidar com questões como: perceber se um agente é unanimemente credível e qual é a relação entre o nível de perícia definido pelo agente e a credibilidade reconhecida por outros.

### **Estilo de conflito**

O estilo de conflito pode ser visto como o comportamento expectável ou o comportamento desejado. A adaptação dos estilos de conflito para o contexto da dissertação seguem as publicações realizadas no decorrer do desenvolvimento da mesma [Martinho et al., 2015a; Carneiro et al. 2015b] e assentam sobre os seguintes pressupostos:

1. O que diferencia cada tipo de comportamento? É óbvio que cada comportamento deverá ser diferente, senão se todos os comportamentos levassem o agente a agir sempre da mesma forma, era irrelevante a utilização de estilos de conflito.
2. Como é que um agente se irá comportar depois de configurado? Definir o que o agente deve fazer é o próximo passo a ser considerado, porque mesmo que consigamos distinguir diferentes tipos de comportamento, se não for possível transformar essas diferenças em ações a serem realizadas pelos agentes, também não irá fazer sentido tentar utilizar estilos de conflito.
3. Como irá funcionar o processo da tomada de decisão? Depois de termos os agentes bem definidos e diferenciados eles estão prontos a ser utilizados num contexto de apoio à tomada de decisão, faltando apenas perceber como o sistema irá funcionar.
4. Como é que os agentes vão interagir uns com os outros? Que tipo de informação irá

ser trocada? Como é que a informação vai ser trocada? Se os agentes não interagirem e não trocarem informação entre si, o processo de tomada de decisão termina sem nenhum acordo alcançado. Por isso é importante definir como é que os agentes vão comunicar uns com os outros.

A definição dos comportamentos assim como a forma como os agentes se irão comportar dentro do sistema tem por base o modelo de gestão de conflitos proposto por Rahim e Magner [Rahim e Magner, 1995] que foi apresentado no capítulo 2 desta dissertação. Nesse modelo são identificados cinco estilos de conflito (dominador, obsequioso, integrador, fugitivo, comprometedor) e duas dimensões (preocupação outros, e preocupação com o próprios).

De seguida procurou-se através do modelo de Costa e McCrae [Costa e McCrae, 1992] das 30 facetas (que também foi apresentado no Capítulo 2) identificar as facetas que estão de acordo com o contexto da tomada de decisão em grupo e de todas as facetas apresentadas foram selecionas as facetas que são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 – Facetas que definem comportamentos específicos do context da tomada de decisão

| <b>Faceta</b> | <b>Baixo</b>   | <b>Moderado</b>   | <b>Alto</b>     |
|---------------|----------------|-------------------|-----------------|
| Atividade     | Sem pressa     | Passo médio       | Energético      |
| Altruísmo     | Centrado em si | Disposto a ajudar | Gosta de ajudar |
| Conformidade  | Contestador    | Moderado          | Complacente     |

A faceta Atividade é considerada porque permite diferenciar os participantes que estão mais ou menos ativos durante a discussão. É fácil identificar, durante uma discussão em grupo participantes que desempenham um papel mais ativo ou porque fazem mais declarações ou porque fazem mais perguntas, e da mesma forma existem participantes que costumam ficar calados apenas participando quando são solicitados a partilhar a sua opinião ou ideias, e que normalmente não demonstram vontade em tomar a iniciativa para resolver os problemas.

A Altruísmo é importante porque revela a preocupação que um participante possa ter pelos outros e pelas suas opiniões. É possível verificar até que ponto um participante está disposto a tentar perceber o ponto de vista de outros participantes ou porque defendem uma opinião e não outra.

A ultima faceta identificada, e que na nossa opinião faz sentido no contexto considerado, foi a Conformidade pois esta faceta diferencia a facilidade ou a dificuldade em um participante aceitar ou recusar a mudar a sua opinião durante a discussão. Se todos os participantes se recusarem a mudar de opinião vai ser muito difícil senão mesmo impossível de atingir-se um consenso.

Olhando para os diferentes níveis apresentados (alto, médio, baixo) é fácil perceber que estes níveis também devem ser considerados no contexto da tomada de decisão em grupo, e que deverão estar corretamente distribuídos segundo cada estilo de conflito identificado. Isto

significa que existirão estilos que podem ter o mesmo nível para uma determinada faceta mas um nível diferente para outra. É esta distribuição que irá efetivamente permitir distinguir verdadeiramente cada um dos estilos de conflito.

Sendo assim o primeiro passo, será relacionar as dimensões de preocupação com os outros e com o próprio com as facetas selecionadas.

**Preocupação com os outros** – Esta dimensão está relacionada com o nível de altruísmo de cada agente e com o facto de até que ponto esse agente se vai preocupar com as opiniões dos outros agentes. Isto significa que um agente com um nível alto de preocupação com os outros irá fazer mais questões para tentar perceber o que os outros pensam, isto quando comparado com um agente que tem um nível de preocupação com os outros inferior.

**Preocupação com o próprio** – Esta dimensão também está relacionada com o nível de altruísmo de cada agente e o valor que o agente dá à sua opinião e a forma como a expressa perante os outros. Um agente com um elevado nível de preocupação com o próprio estará inclinado a fazer mais declarações para justificar a sua opinião. Um agente com um nível de preocupação com o próprio inferior irá fazer menos declarações.

O próximo passo será o de classificação de cada um dos estilos de conflito segundo as dimensões identificadas. No modelo de Rahim e Magner apenas são apresentados dois níveis para cada dimensão (alto e baixo). Apesar disso eles referem que para o estilo de conflito Comprometedor existe *“uma preocupação moderada pelo próprio e pelos outros intervenientes envolvidos no conflito”*. Isto significa que um terceiro nível pode ser suposto que será o nível moderado. Estes três níveis são assim usados para classificar cada um dos estilos de comportamento de acordo com cada dimensão, como mostra a Tabela 6.

Tabela 6 – Classificação dos estilos de conflito para as dimensões propostas por Rahim e Magner (Adaptado de Rahim e Magner, 1995)

| <b>Dimensão</b>           | <b>Baixo</b>          | <b>Moderado</b> | <b>Alto</b>             |
|---------------------------|-----------------------|-----------------|-------------------------|
| Preocupação com o próprio | Obsequioso e Fugitivo | Comprometedor   | Dominador e Integrador  |
| Preocupação com os outros | Dominador e Fugitivo  | Comprometedor   | Obsequioso e Integrador |

Relativamente à dimensão de preocupação com o próprio, ambos os estilos obsequioso e fugitivo terão um nível baixo, enquanto que o estilo comprometedor terá um nível moderado, e os estilos integrador e dominador terão um nível alto.

Para a dimensão de preocupação com o outro, ambos os estilos dominador e fugitivo terão um nível baixo, enquanto que o estilo comprometedor terá um nível moderado, e os estilos integrador e obsequioso terão um nível alto.

Como já foi referido estas duas dimensões podem ser relacionadas com a faceta do altruísmo

e as classificações que são proposta também podem ser deduzias tendo em conta a definição de altruísmo de Costa e McCrae [Costa e McCrae, 1992].

A definição de cada estilo de conflito feita por Rahim e Magner é muito semelhante à definição utilizada por Howard e Howard [Howard e Howard,1995] na classificação de temas de conflito (ver Tabela 3).

Em primeiro lugar, Howard e Howard consideram que um indivíduo com um estilo Agressivo tem um baixo nível de amabilidade (**A-**). Tal significa que uma pessoa agressiva será alguém sem vontade de ajudar os outros, e por consequência terá uma baixa preocupação com os outros e as suas necessidades. Ao mesmo tempo essa pessoa terá uma preocupação elevada com as necessidades e interesses próprios.

Um indivíduo com um estilo Submisso será alguém com um alto nível de amabilidade (**A+**), e terá mais vontade em ajudar os outros, demonstrando uma preocupação alta pelas necessidades e interesses dos outros e em contrapartida uma baixa preocupação pelos interesses e necessidades próprias.

Um indivíduo com um estilo Negociador demonstra um nível médio de amabilidade (**A**) e terá disposição em querer ajudar os outros, mas não tanto como um indivíduo submisso uma vez que este tem mais interesses e necessidades próprias.

Para o indivíduo com um estilo Fugitivo nem sequer é atribuído um nível de amabilidade porque um indivíduo fugitivo não tem interesses próprios nem quer saber dos interesses dos outros.

Apesar destas das dimensões de preocupação com o próprio e com os outros ajudarem bastante a caraterizar cada um dos estilos de comportamento estas não são suficientes para descrever totalmente cada um dos estilos identificados. Serão necessárias mais definições que façam sentido no contexto da dissertação, até porque as duas dimensões consideradas apenas estão relacionadas com uma das três facetas identificadas que são essenciais no contexto da tomada de decisão em grupo.

Sendo assim são identificadas mais duas dimensões que se baseiam na terminologia das restantes facetas e que serão utilizadas para completar a definição dos estilos de conflito no contexto considerado. Essas dimensões são:

1. Resistência à mudança – Esta dimensão está relacionada com o nível de conformidade do agente, o que significa que um agente com uma baixa resistência a mudança irá mudar a sua opinião com mais facilidade comparado com um agente com um nível de resistência à mudança superior.
2. Atividade – Esta dimensão está relacionada com o nível de atividade do agente e com a quantidade de esforço colocado no processo de tomada de decisão, seja a fazer mais ou menos pedidos, declarações e perguntas.

Para a dimensão da atividade são associadas as áreas de discussão quer em público quer em privado sendo que um agente mais ativo irá participar mais em cada uma das áreas, tomando a iniciativa de fazer questões e declarações públicas e pedidos em privado.

Para a dimensão da resistência à mudança é considerada a forma como o agente lida com os pedidos dos outros agentes. Um agente com um nível alto de resistência à mudança dificilmente mudará a sua opinião (a não ser que a mudança lhe traga na mesma uma grande satisfação). Por outro lado um agente com um nível baixo de resistência à mudança aceita pedidos com diferentes opiniões com mais facilidade.

Para as dimensões de resistência à mudança e atividade e como já foi referido anteriormente, estas estarão relacionadas com as facetas propostas por Costa e McCrae [Costa e McCrae, 1992] e sendo assim serão considerados três níveis: alto, médio ou moderador, e baixo.

As Figuras 14 e 15 mostram como cada um dos estilos de conflito são classificados para cada uma destas dimensões.

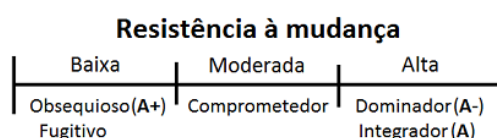


Figura 14 – Classificação de cada estilo de conflito de acordo com a dimensão de resistência à mudança

Os estilos obsequioso e fugitivo são classificados com um nível baixo, o estilo comprometedor é classificado com um nível moderado e os estilos dominador e integrador são classificados com um nível alto para a dimensão da resistência à mudança.

Como a dimensão da resistência à mudança está relacionada com a faceta da conformidade existe uma certa semelhança com as dimensões da preocupação com os outros e com o próprio. No modelo das trinta facetas de Costa e McCrae [Costa e McCrae, 1992] tanto a faceta do altruísmo como da conformidade fazem parte do mesmo fator (amabilidade).

Um indivíduo com um nível baixo de amabilidade (**A-**) é mais agressivo, pouco acessível e difícil de convencer. Um indivíduo com um nível moderado de amabilidade (**A**) já é mais acessível. Um indivíduo com um nível alto de amabilidade (**A+**) é ainda mais acessível e mais fácil de convencer.

A definição de Howard e Howard para classificar cada um dos temas de conflito também faz sentido de acordo com esta classificação. Um indivíduo obsequioso ao ter uma grande preocupação com a opinião e interesse dos outros terá mais facilidade a aceitar diferentes pontos de vista logo terá uma baixa resistência à mudança.

Num nível médio de amabilidade é classificado o estilo integrador que também apresenta um nível médio de conformidade. Este tem uma preocupação pela opinião dos outros inferior à do estilo obsequioso mas que é na mesma superior à do estilo dominador.



O estilo dominador é o estilo com um nível de conformidade mais baixo de todos os estilos considerados e o menos acessível e mais difícil de convencer.

O estilo fugitivo não tem nível de conformidade uma vez que não possui qualquer tipo de opinião nem interesses e logo nem sequer será considerado como um alvo de persuasão pelos restantes indivíduos.

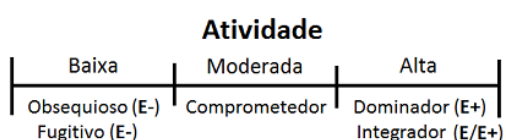


Figura 15 - Classificação de cada estilo de conflito de acordo com a dimensão de atividade

Os estilos obsequioso e fugitivo são classificados com um nível baixo, o estilo comprometedor é classificado com um nível moderado e os estilos dominador e integrador são classificados com um nível alto para a dimensão da atividade.

Esta dimensão está relacionada com a faceta da atividade e com a dimensão da extraversão, sendo que os estilos obsequioso e fugitivo terão os níveis de extraversão mais baixos, e por consequência não serão muito ativos durante a discussão. Por outro lado os estilos dominador e integrador têm uma extraversão superior e portanto serão mais ativos durante a discussão.

Para resumir todas ideias apresentadas neste ponto é de seguida apresentada a Tabela 7 com todos os estilos de conflito e os níveis correspondentes para cada uma das dimensões.

Tabela 7 – Classificação numérica para cada estilo de conflito de acordo com cada dimensão

| Estilo de conflito | Preocupação com o próprio | Preocupação com os outros | Resistência à mudança | Atividade |
|--------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------|
| Dominador          | 3                         | 1                         | 3                     | 3         |
| Integrador         | 3                         | 3                         | 3                     | 3         |
| Comprometedor      | 2                         | 2                         | 2                     | 2         |
| Obsequioso         | 1                         | 3                         | 1                     | 1         |
| Fugitivo           | 1                         | 1                         | 1                     | 1         |

É importante perceber que estes níveis não são absolutos o que significa que poderão existir situações em que um agente pode agir de uma forma que teoricamente não é expectável. Por exemplo, um agente configurado com o estilo fugitivo, apresenta um índice de atividade baixo. Por consequência irá participar muito pouco na discussão. Apesar disso poderão existir situações em que esse agente é obrigado a participar para que a discussão progrida, como a situação de todos os agentes participantes são configurados com o estilo fugitivo e nenhum quer falar.

O modelo considerado deverá ter em conta este aspeto da tomada de decisão e portanto não deverá restringir um agente de poder agir de uma determinada forma apenas porque tem um

estilo que na teoria o impedia de tal. Sendo assim os agentes deverão ter as mesmas capacidades independentemente do estilo de conflito e este apenas irá influenciar o comportamento do agente no sentido de ser mais ou menos provável que o agente aja de uma determinada forma.

## **Notas**

Neste ponto o decisor poderá expressar a sua opinião livremente relacionada com as configurações pessoais efetuadas.

### **3.4.1.3 Configurações do problema**

A secção relativa às configurações do problema está relacionada com a forma como os atributos específicos do problema são modelados. Sendo assim o decisor pode seleccionar: a preferência dada para cada uma das alternativas de resolução do problema disponíveis; a importância dada para cada critério considerado; quais os critérios ou alternativas para os quais não tem qualquer tipo de opinião ou caso prefiram que esta seja mantida como privada; notas relevantes.

Mais uma vez todas as configurações nesta secção podem ser feitas de uma forma bastante rápida e intuitiva. Além disso o decisor pode especificar a opinião inconscientemente de acordo com a comparação natural que é feita entre as opções dadas ( ver [Carneiro et al., 2015c] para mais informações).

## **Classificação de alternativas**

O método para classificar alternativas como pode ser visto na Figura 16 foi adaptado da Escala Visual Analógica (EVA). Esta escala é apropriada para lidar com valores que não podem ser medidos diretamente, permitindo ao decisor medir a sua opinião dentro de um intervalo de valores em vez de apontar apenas um único valor. Além disso muitos estudos provam que a EVA permite que se consiga obter informação mais rapidamente e assertivamente [Price et al., 1983]. Isto irá facilitar as configurações do problema melhorando a forma como o sistema poderá ser utilizado através de diferentes dispositivos eletrónicos. Outra vantagem da utilização da EVA no modelo apresentado está relacionada com a forma como o decisor avalia cada uma das alternativas identificadas e a respetiva comparação entre cada alternativa. À medida que o decisor mede a sua opinião para cada alternativa, ele vai inevitavelmente verificar as seleções anteriores e ajuizar melhor a sua opinião de acordo com esses dados. Desta forma as classificações de preferências das alternativas neste modelo serão feitas de uma forma bastante simples e perceptível para o decisor. O valor escolhido pelo utilizador para classificar as alternativas poderá variar entre 0 e 100 unidades, sendo esse valor sempre apresentado ao utilizador como se pode verificar na Figura 16.

## Classificação de critérios

O mesmo processo é aplicado para a classificação das preferências relativas aos critérios podendo o utilizador medir a sua preferência para cada critério considerado pelas razões anteriormente explicadas.

**PROBLEM CONFIGURATION**

Classify each one of the Alternatives according to your Preferences (0 - Not at all Preferred; 100 - Extremely Preferred;)

**Info**

| Alternative       | Value | No Opinion                          | Private Information                 |
|-------------------|-------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Lionel Messi      | 73    | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Cristiano Ronaldo | 50    | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| Eden Hazard       | 24    | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            |
| Diego Costa       | 50    | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Alexis Sánchez    | 89    | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            |

**Notes**

As I have stated before this discussion my preferred alternative was Gareth Bale, however you did not include him as a possible alternative and therefore my preferred one is Alexis Sánchez.

Classify each one of the Attributes according to Importance Level (0 - Not at all Important; 100 - Extremely Important;)

**Info**

| Attribute | Value | No Opinion                          | Private Information                 |
|-----------|-------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Price     | 85    | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            |
| Header    | 24    | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            |
| Scoring   | 50    | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| Dribbling | 84    | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            |
| Work Rate | 86    | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Skill     | 78    | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> |

**Notes**

I have discussed this topic with Steve Jobs and we both agreed that Price is fundamental to control our financial plan for the next season.

Figura 16 – Configurações do problema

## Sem opinião

O decisor pode seleccionar a opção “Sem Opinião” para cada alternativa ou critério. Isto significa que mesmo que o decisor queria fazer, por exemplo, a configuração toda do problema, e caso não tenha uma opinião formulada acerca de um determinado critério ou alternativa, não será obrigado a inventar valores apenas para configurar tudo. Isto resulta em informação importante para o agente que representa o decisor.

## **Informação privada**

De uma forma semelhante, o decisor pode optar por seleccionar a opinião relativa a uma preferência ou critério como privada sempre que ele tenha a intenção de não partilhar essa informação, por exemplo, por razões estratégicas. Esta informação também é importante para definir a forma como o agente participante irá agir durante a discussão.

## **Notas**

O propósito deste ponto é exatamente o mesmo que as notas descritas na secção anterior.

### **3.4.2 Gravação dos dados**

Após o participante preencher as configurações pessoais e do problema o sistema irá proceder à interpretação dos dados introduzidos.

Os dados introduzidos permitem desde logo saber:

1. Os índices associados a cada dimensão (em caso de ter sido seleccionado um estilo de conflito);
2. As alternativas e critérios preferidos do agente;
3. As alternativas e critérios admissíveis do agente (em caso de não ter sido seleccionado um estilo de conflito);
4. As locuções iniciais utilizadas pelo agente.
5. As locuções utilizadas pelo agente durante o decorrer da discussão.
6. As locuções que são bloqueadas durante o decorrer da discussão.
7. As locuções que são repetidas durante o decorrer da discussão.

Tal como acontece depois das configurações serem feitas pelo organizador, os dados introduzidos pelo participante também serão gravados num ficheiro XML com o formato que é apresentado no código 3.

#### **3.4.2.1 Índices das dimensões**

Para a definição dos índices associados a cada dimensão foram utilizadas as classificações apresentadas no ponto anterior relativo aos estilos de conflito.

Para as dimensões da preocupação com os outros e com o próprio, e uma vez que os valores utilizados são baseados na literatura existente estando o modelo de Rahim e Magner corretamente validado, foi mantida a mesma classificação apresentada na Tabela 7 e para

estas duas dimensões consoante o estilo tenha uma preocupação baixa, moderada, ou alta com os outros ou com o próprio os valores serão 1,2,3 respetivamente.

Relativamente às dimensões propostas de atividade e de resistência à mudança, apesar de ter sido feita uma classificação inicial também de três níveis (1,2,3) esta carece de comprovação e por essa mesma razão está atualmente a ser realizado um estudo, tendo por base um inquérito realizado com a participação de 30 decisores reais no sentido de confirmar as classificações que foram inicialmente supostas, e foi sobre esses dados que o modelo foi estruturado.

Os dados obtidos neste inquérito para além do índice relativo às duas dimensões propostas permitirão saber, consoante o estilo de conflito, a aptidão para fazer questões, pedidos, e declarações. Esses valores são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – Índices de resistência à mudança e atividade e probabilidade de fazer questões, declarações e pedidos para cada estilo de conflito

| Estilo de conflito | Índice de atividade | Índice de resistência à mudança | Probabilidade de fazer questões | Probabilidade de fazer declarações | Probabilidade de fazer pedidos |
|--------------------|---------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| Dominador          | 28.77               | 0.81                            | 15.85                           | 29.78                              | 31.73                          |
| Integrador         | 25.93               | 0.52                            | 28.43                           | 26.55                              | 24.27                          |
| Comprometedor      | 20.61               | 0.49                            | 21.89                           | 20.1                               | 21.33                          |
| Obsequioso         | 19.25               | 0.3                             | 24.65                           | 15.51                              | 13.87                          |
| Fugitivo           | 5.44                | 0.21                            | 9.18                            | 8.06                               | 8.8                            |

#### 3.4.2.2 Alternativas e critérios preferidos

Para a definição das alternativas e critérios preferidos de qualquer agente é considerada a alternativa e o critério para o qual o participante deu a classificação mais alta. Um indivíduo normalmente tem uma alternativa ou um critério que dá mais valor e por essa razão só os critérios ou as alternativas com a classificação mais alta serão os seus preferidos. Apesar disso é contemplada a hipótese de caso serem selecionadas duas alternativas ou dois critérios com o mesmo valor e se essas alternativas ou critérios tiveram a classificação mais alta, então o agente terá mais de um critério ou alternativa preferida.

#### 3.4.2.3 Alternativas e critérios admissíveis

Os critérios ou alternativas admissíveis são considerados apenas quando é feita uma configuração de um participante que não pretende utilizar um estilo de conflito, e como o agente não irá utilizar os valores dos índices das dimensões consideradas no processo da tomada de decisão (como será explicado com mais detalhe na secção 3.8.3.2 deste capítulo), será necessário identificar as alternativas que são admissíveis.

Para tal são utilizados os seguintes algoritmos de classificação de alternativas e critérios para verificar quais são as alternativas e critérios admissíveis. Esta classificação foi adaptada a partir da classificação feita na EVA para identificar valores que são positivos e negativos.

Seja valorCritérioPreferido o valor dado para o critério preferido do agente  
 Seja listaCritérios a lista de critérios existentes  
 Seja listaPrefCritérioAg a lista de preferências dadas para cada critério pelo agente  
 Seja nAdmissivel o limite máximo para admitir um critério  
 Seja listaCritériosAdmissíveis a lista de critérios admissíveis

Início

Escolha valorCritérioPreferido  
   caso  $\leq 37,5$  : nAdmissivel  $\leftarrow 0$   
   caso  $\leq 50$  : nAdmissivel  $\leftarrow 12,5$   
   caso  $\leq 62,5$  : nAdmissivel  $\leftarrow 25$   
   caso  $\leq 75$  : nAdmissivel  $\leftarrow 37,5$   
   caso  $\leq 87,5$  : nAdmissivel  $\leftarrow 50$   
   caso  $\leq 100$  : nAdmissivel  $\leftarrow 62,5$

Fim escolha

Para cada Critério  $c \in$  em listaCritérios fazer  
   Para cada Preferência  $p \in$  listaPrefCritérioAg fazer  
     Se (Critério de  $p = c$ ) então  
       Se (float de  $v \geq$  nAdmissivel) então  
         adiciona Critério de  $v$  a

listaCritériosAdmissíveis

  Fim se

    Fim se

      Fim para

    Fim para

Fim

### Código 3 – Algoritmo para classificação de critérios

Seja listaAlternativas a lista de alternativas existentes  
 Seja listaPrefAlternativaAg a lista de preferências dadas para cada alternativa pelo agente  
 Seja nAdmissivel o limite máximo para admitir uma alternativa  
 Seja listaAlternativasAdmissíveis a lista de alternativas admissíveis

Início

Escolha valorAlternativaPreferida  
   caso  $\leq 37,5$  : nAdmissivel  $\leftarrow 0$   
   caso  $\leq 50$  : nAdmissivel  $\leftarrow 12,5$   
   caso  $\leq 62,5$  : nAdmissivel  $\leftarrow 25$   
   caso  $\leq 75$  : nAdmissivel  $\leftarrow 37,5$   
   caso  $\leq 87,5$  : nAdmissivel  $\leftarrow 50$   
   caso  $\leq 100$  : nAdmissivel  $\leftarrow 62,5$

Fim escolha

Para cada Alternativa  $a \in$  listaAlternativas fazer  
   Para cada Preferência  $p \in$  listaPrefAlternativaAg fazer  
     Se (Alternativa de  $p = a$ ) então  
       Se (float de  $v \geq$  nAdmissivel) então  
         adiciona Alternativa de  $v$  a

listaAlternativasAdmissíveis

  Fim se

    Fim se

      Fim para

    Fim para

Fim

### Código 4 – Algoritmo para classificação de alternativas

#### 3.4.2.4 Locuções utilizadas no início da discussão

Depois de terem sido identificadas as alternativas e critérios preferidos do agente, vão ser geradas as locuções iniciais que o agente poderá utilizar durante a discussão. Estas locuções contemplam todo o tipo de informação que é relevante ser transmitida para que os restantes agentes consigam perceber acerca das preferências desse agente, e que os permita depois verificar se podem utilizar essa informação durante a negociação.

Sendo assim, e tendo em conta a Tabela 9, as locuções iniciais de um agente serão dos seguintes tipos:

Tabela 9 – Locuções iniciais do agente

| Locução                                | Tipo       | Id | Texto   | Contexto    | Variáveis             | Generalidade |
|--|------------|----|---|-------------|-----------------------|--------------|
| Preferência geral de critérios         | Declaração | 1  | “Para mim os critérios mais importante são/é o 1,2,...,n.”    | Critério    | Critério 1,2,...,n    | Geral        |
| Preferência geral de alternativas      | Declaração | 2  | “Para mim as alternativas mais importante são/é a 1,2,...,n.” | Alternativa | Alternativa 1,2,...,n | Geral        |
| Preferência geral de critérios         | Questão    | 3  | “Quais os critérios que consideram mais importantes?”         | Critério    | Critério 1,2,...,n    | Geral        |
| Preferência geral de alternativas      | Questão    | 4  | “Quais as vossas alternativas preferidas?”                    | Alternativa | Alternativa 1,2,...,n | Geral        |
| Preferência individual de critérios    | Questão    | 5  | “Consideram o critério 1/2/.../n como o mais importante?”     | Critério    | Critério 1/2/.../n    | Específico   |
| Preferência individual de alternativas | Questão    | 6  | “Quem prefere a alternativa 1/2/.../n?”                       | Alternativa | Alternativa 1/2/.../n | Específico   |

#### 3.4.2.5 Locuções utilizadas no decorrer da discussão

Ao longo da discussão cada agente poderá ser questionado acerca de uma determinada preferência ou receber um pedido de aceitação de uma determinada alternativa e ao responder a essas questões ou pedidos terá de criar novas locuções de resposta. Da mesma forma quando tiver verificado a possibilidade de enviar um pedido a um outro agente também irá criar uma locução com o respetivo pedido a realizar.

#### 3.4.2.6 Locuções bloqueadas no decorrer da discussão

Durante a discussão é assumido que não se podem repetir duas locuções idênticas se não forem acrescentados dados novos à locução. Por exemplo, um agente não poderá utilizar uma locução a perguntar quais as alternativas preferidas de cada outro agente quando imediatamente antes um outro agente colocou a mesma questão. Outro exemplo passa por

um agente enviar um pedido a um outro agente com um determinado argumento e esse pedido ser recusado. Não faz sentido um agente voltar a enviar o mesmo pedido ao mesmo agente com o mesmo argumento porque muito dificilmente esse agente irá responder de forma diferente.

Dessa forma cada agente à medida que recebe e envia locuções para os outros agente deve ter a capacidade de verificar quais as locuções que não devem voltar a ser repetidas.

### 3.4.2.7 Locuções que são repetidas no decorrer da discussão

As três situações em que um agente poderá repetir uma locução são:

1. Responder a uma questão ou a um pedido cuja resposta é a mesma, e que possa ter sido colocada por diferentes agentes. Para este caso as locuções que podem ser repetidas são apresentadas na Tabela 10.

Tabela 10 – Locuções de resposta

| Locução                  | Tipo       | Id | Texto   | Contexto     | Variáveis             | Generalidade         |
|--------------------------|------------|----|---|--------------|-----------------------|----------------------|
| Acordo                   | Declaração | 7  | “Concordo.”                                   | Sem contexto |                       | Específico/<br>Geral |
| Desacordo                | Declaração | 8  | “Discordo.”                                   | Sem contexto |                       | Específico/<br>Geral |
| Sem Informação           | Declaração | 9  | “Não tenho informação para responder a isso.” | Sem contexto |                       | Específico/<br>Geral |
| Aceitação de alternativa | Declaração | 12 | “Aceito.”                                     | Alternativa  | Alternativa 1/2/.../n | Específico           |
| Recusa de alternativa    | Declaração | 13 | “Não aceito.”                                 | Alternativa  | Alternativa 1/2/.../n | Específico           |

2. Realizar uma locução específica desde que a variável considerada seja sempre diferente.
3. Adquirir novo conhecimento que não foi partilhado anteriormente. Esta situação verifica-se quando dois agentes que trocaram um pedido entre eles e esse pedido foi aceite o que significa que as preferências de um desses agente mudaram e tal informação deverá ser transmitida aos restantes agentes participantes, quer pelo agente que colocou o pedido, quer pelo agente que aceitou o pedido. As locuções que poderão voltar a ser repetidas nesta situação são apresentadas na Tabela 11.



Tabela 11 – Locuções a repetir após aceitação de um pedido

| Locução                                | Tipo       | Id | Texto   | Contexto    | Variáveis             | Generalidade |
|--|------------|----|---|-------------|-----------------------|--------------|
| Preferência geral de critérios         | Declaração | 1  | “Para mim os critérios mais importante são/é o 1,2,...,n.”    | Critério    | Critério 1,2,...,n    | Geral        |
| Preferência geral de alternativas      | Declaração | 2  | “Para mim as alternativas mais importante são/é a 1,2,...,n.” | Alternativa | Alternativa 1,2,...,n | Geral        |
| Preferência geral de critérios         | Questão    | 3  | “Quais os critérios que consideram mais importantes?”         | Critério    | Critério 1,2,...,n    | Geral        |
| Preferência geral de alternativas      | Questão    | 4  | “Quais as vossas alternativas preferidas?”                    | Alternativa | Alternativa 1,2,...,n | Geral        |
| Preferência individual de critérios    | Questão    | 5  | “Consideram o critério 1/2/.../n como o mais importante?”     | Critério    | Critério 1/2/.../n    | Específico   |
| Preferência individual de alternativas | Questão    | 6  | “Quem prefere a alternativa 1/2/.../n?”                       | Alternativa | Alternativa 1/2/.../n | Específico   |

De seguida são apresentados excertos do ficheiro XML relativo às configurações pessoais e do problema do participante que contêm todos estes dados.

```

<agent>
  <name>Person A</name>
  <styleclass="style.IntegratingStyle">
    <name>Integrating</name>
    <resistance>0.52</resistance>
    <activity>25.93</activity>
    <question>28.43</question>
    <statement>26.55</statement>
    <request>24.27</request>
    <concernself>3.0</concernself>
    <concernothers>3.0</concernothers>
  </style>
  ...
  <preferredCriteriaUpdated/>
  <preferredAlternativesUpdated/>
  <agentsPreferences/>
  <requestMessagesSent/>
</agent>

```

Código 5 – Identificação do agente participante

No excerto apresentado no código 5 é possível verificar os dados relativos ao agente participante. Dentro de cada estilo de conflito é também identificado o índice para cada dimensão considerada (ver Tabela 8).

```

...
<problem.AlternativePreference>
  <alternative>
    <name>Restaurante Xpto</name>
  </alternative>

```

```

<valuePreference>97</valuePreference>
<privateAlternative>false</privateAlternative>
<withoutopinionAlternative>false</withoutopinionAlternative>
</problem.AlternativePreference>

```

Código 6 – Preferência de uma alternativa

No código 6 é apresentada a preferência dada pelo decisor para uma alternativa.

```

...
<problem.CriterionPreference>
  <criterion>
    <name>Preço por pessoa (€)</name>
  </criterion>
  <valuePreference>91</valuePreference>
  <optionCriterion>false</optionCriterion>
  <privateCriterion>false</privateCriterion>
</problem.CriterionPreference>

```

Código 7 – Preferência de um critério

No código 7 é apresentada a preferência dada pelo decisor para um critério.

```

...
<problem.Locution>
  <type>Question</type>
  <id>3</id>
  <text>Do you think that the Criterion Preço por pessoa (€) is
important?</text>
  <context>Criterion</context>
  <Var>
    <criterion>
      <name>Preço por pessoa (€)</name>
    </criterion>
  </Var>
</problem.Locution>

```

Código 8 – Exemplo de uma locução

No código 8 é apresentado o exemplo de uma locução que será utilizada pelo agente.

### 3.5 Modelo de decisão

Nesta secção será explicado o protocolo da tomada de decisão em grupo, ou seja, a forma como a reunião se desenrola desde o seu começo até ao seu término. Sendo assim é de seguida apresentado o algoritmo que exemplifica o protocolo de decisão.

*Seja Facilitador o agente facilitador*  
*Seja Sim1 a simulação*  
*Seja  $\Delta$  o conjunto de agentes participantes na simulação*  
*Seja N o número de agentes que irão fazer parte da simulação*  
*Seja Consenso a variável que indica se já foi atingido um consenso*

*Seja FimPedidoTempos a variável que indica se ainda se vai pedir mais tempos*  
*Seja TopicoEncerrado a variável que indica se ainda há algum tópico a ser discutido*  
*Seja ListaTempos a lista que contém os tempos e respetivos agentes que foram recebidos para começar um novo tópico*

```

Início
FimPedidoTempos ← FALSO
Consenso ← FALSO
TopicoEncerrado ← VERDADEIRO
 $\Delta \leftarrow \text{registoAgentes}(\text{Sim1}, N)$ 
InicioSimulacao(Sim1)
  Enquanto (FimPedidoTempos = FALSO e Consenso = FALSO) fazer
    Se(TopicoEncerrado = VERDADEIRO) então
      Limpar a ListaTempos
      TopicoEncerrado ← FALSO
      Para cada AgParticipante  $\in \Delta$  fazer
        nTempo ← pedirTempo(Facilitador, AgParticipante)
        Se (nTempo > -1)
          adiciona (nTempo, AgParticipante) a ListaTempos
        Fim se
        Se( ListaTempos = VAZIA )então
          FimPedidoTempos ← VERDADEIRO
        Fim se
      Fim para
      Se ( ListaTempos = -VAZIA )então
        AgEscolhido ← EscolherAgenteaFalar(Facilitador, ListaTempos)
      Fim se
      ComecarTopico(AgFacilitador, AgEscolhido)
    Fim se
  Fim enquanto
  verificarResultados(Sim1)
Fim

```

Código 9 – Algoritmo do protocolo de decisão

### 3.5.1 Início da discussão

A simulação começa com o registo de todos os agentes que representam os decisores que foram selecionados a participar no problema. Tal como foi referido anteriormente a escolha dos decisores a participar na discussão é feita na configuração do problema pelo organizador da reunião. Quando todos os agentes tiverem sido registados devidamente no sistema, começa a simulação.

### 3.5.2 Desenvolvimento da discussão

A simulação irá decorrer enquanto não se verificar pelo menos uma das seguintes condições:

1. Os agentes já conseguiram chegar a um consenso acerca de uma alternativa para resolver o problema;
2. Os agentes já discutiram tudo o que tinham para falar e não foi possível chegar a um consenso.

Durante a discussão o facilitador começa por pedir tempos a todos os agentes participantes. Cada agente participante gera e envia um tempo de participação que depende do estilo de conflito considerado (como será explicado com mais detalhe na secção 3.7. Para todos os tempos recebidos pelo facilitador que sejam superiores a -1 ( e que significa que o agente querará abrir um tópico para discussão), o facilitador irá selecionar o próximo agente a abrir um tópico. Depois disso, o facilitador fica a espera que o tópico seja encerrado para mandar novamente pedidos de tempos a todos os agentes participantes.

Se o agente facilitador receber apenas tempos negativos (-1) por parte de todos os agentes participantes tal significa que já todos os agentes transmitiram toda a informação que pretendiam partilhar e dessa forma a discussão será terminada.

### **3.5.3 Comunicação entre agentes**

Relativamente à forma como os agentes irão comunicar uns com os outros a metodologia utiliza teve por base um estudo realizado anteriormente [Carneiro et al., 2015a] e que segue uma lógica inspirada nas plataformas de redes sociais e na forma como as pessoas comunicam umas com as outras.

Sendo assim são admitidos dois tipos de comunicação principais: público e privado. As razões que levaram à utilização desta lógica são as seguintes:

1. Os agentes podem comunicar de uma forma muito semelhante à forma como os decisores reais comunicariam em reuniões presenciais;
2. O ambiente das interações e comunicações públicas e privadas entre agentes é facilmente compreendido pelo decisor o que facilita a perçetibilidade e a utilização do próprio sistema;
3. Poderão ser utilizadas técnicas já desenvolvidas para observar variáveis que afetam os relacionamentos tais como confiança e reputação.

A conversa pública, à semelhança do que se verifica nas plataformas das redes sociais (onde existe um espaço de publicação que é aberto e em que todos os indivíduos que tiverem acesso a essa publicação podem participar) também admite uma área de discussão pública à qual todos os agentes podem aceder e utilizar. Dentro dessa área haverá em cada instante um único tópico aberto para discussão criado por um agente participante segundo as ordens do agente facilitador. Esse tópico, dentro do contexto de problemas multi-critério estará sempre relacionado com as preferências de cada agente perante os critérios e alternativas considerados. Para cada tópico todos os agentes devem transmitir a informação que possuem (caso a tenham) e que foi disponibilizada pelo respetivo decisor real.

Quando toda a informação relativa ao tópico tiver sido transmitida o agente participante que abriu o tópico tem a responsabilidade de informar o agente facilitador de forma a que se

possa dar início à discussão de um novo tópico. Durante a conversa pública todos os agentes têm acesso à informação que é trocada neste espaço, tal como acontece na realidade e nas plataformas das redes sociais onde cada pessoa que tem acesso a uma publicação pode ler os comentários que as outras pessoas publicam acerca dessa publicação.

A conversa privada, da mesma forma como acontece nas plataformas das redes sociais, permite que dois intervenientes (neste caso serão dois agentes participantes) possam comunicar entre eles sem que essa informação possa ser consultada por outros. Sendo assim, durante uma conversa privada um agente participante envia informação a outro agente participante e só esse agente participante terá acesso à informação enviada. Este tipo de comunicação permite que um agente participante possa ter várias conversas com diferentes agentes participantes a decorrer em privado, mas não poderá ter mais do que uma conversa em privado com um mesmo agente participante. Outro aspeto da conversa privada é que as conversas existentes podem nunca terminar ficando abertas durante toda a discussão.

As mensagens trocadas tendo em conta cada um dos tipos de conversa, são como já anteriormente mencionados, de três tipos: perguntas, declarações e pedidos.

As declarações são utilizadas na conversa pública e privada e representam o ponto de vista do agente podem também ser uma resposta a um pedido ou uma questão colocada.

Uma questão é utilizada na conversa pública e serve para interrogar ou tentar obter algum tipo de informação de outros agentes.

Um pedido é utilizado na conversa em privado quando um agente participante identifica outro agente participante como um possível alvo a convencer a aceitar a sua opinião, podendo esse pedido ser acompanhado de um argumento que o justifique. O pedido será avaliado depois pelo agente que o recebe.

Toda esta informação que é trocada durante a discussão, tanto nas conversas públicas como privadas, será analisada e transmitida a cada decisor da forma mais apropriada, por exemplo, através de uma notificação quando forem necessárias instruções adicionais por parte do decisor real.

#### **3.5.4 Conclusão da discussão**

Quando a discussão termina poderá ter sido atingido um consenso ou não. Serão transmitidos os dados finais da discussão a todos os participantes (decisores e o organizador) que incluem a alternativa escolhida (caso uma tenha sido escolhida) e o número de agentes participantes que no final da discussão aceitou cada uma das alternativas consideradas. Serão também transmitidos dados como o número de pedidos e argumentos trocados durante a discussão.

É importante realçar que no desenvolvimento deste trabalho, todos os dados obtidos numa simulação apenas representam uma iteração da discussão que é realizada (mais

concretamente a primeira iteração de discussão), por isso poderão ser verificadas situações não consensuais com bastante frequência. Após cada iteração o decisor seria notificado com os resultados obtidos, podendo proceder a eventuais reconfigurações do problema. Novas simulações seriam realizadas com os novos dados no sentido de se tentar atingir uma decisão mais consensual.

### 3.6 Agente Facilitador

Tal como foi referido anteriormente, o agente facilitador representa o organizador da reunião no sistema e como tal terá as seguintes funções:

1. Definir o problema multi-critério;
2. Selecionar o grupo de intervenientes a participar na discussão;
3. Validar o registo dos agentes participantes;
4. Retransmitir mensagens enviadas pelos participantes;
5. Gerir tópicos de discussão;
6. Terminar a discussão;
7. Apresentar os resultados obtidos.

#### 3.6.1 Validar o registo dos agentes participantes

Um das tarefas do agente facilitador será validar o registo dos agentes que irão participar na discussão de forma a poder dar início à mesma quando todos os agentes participantes tiverem preparados. Para tal o agente facilitador começa por avisar cada um dos participantes selecionados.

```
Seja Facilitador o agente facilitador
Seja  $\Delta$  o conjunto de agentes participantes na simulação

Início
  Para cada AgParticipante  $\in \Delta$  fazer
    EnviarMensagem("A reunião vai começar em
    breve.", Facilitador, AgParticipante)
  Fim para
Fim
```

Código 10 – Algoritmo de notificação de registo

De seguida o agente facilitador irá ficar à espera da confirmação de cada agente participante até que todos os agentes estejam prontos. Quando todos os agentes estiverem prontos o agente facilitador irá proceder ao começo da reunião.

*Seja Facilitador o agente facilitador*  
*Seja N o número de agentes que irão fazer parte da simulação*  
*Seja  $\Delta$ Prontos a lista dos agentes participantes que estão prontos para começar a reunião*  
*Seja nParticipantesProntos o número de agentes participantes que estão prontos para começar a reunião*

*Início*  
   *Enquanto nParticipantesProntos < N fazer*  
     *ReceberMensagem("OK", AgParticipante, Facilitador)*  
     *Se (AgParticipante  $\notin$   $\Delta$ Prontos) então*  
       *adiciona AgParticipante a  $\Delta$ Prontos*  
       *nParticipantesProntos  $\leftarrow$  nParticipantesProntos +1*  
     *Fim se*  
   *Fim enquanto*  
   *ComecarReuniao()*  
*Fim*

Código 11 – Algoritmo de validação de registo

### 3.6.2 Gerir tópicos de discussão

Após o registo dos agentes participantes, a reunião começa e o agente facilitador assume a responsabilidade de gerir os tópicos que serão discutidos ao longo da reunião. O algoritmo seguinte descreve a forma como essa gestão é feita.

*Seja Facilitador o agente facilitador*  
*Seja TopicoAberto a variável que indica se existe um tópico aberto*  
*Seja Mensagem uma mensagem recebida pelo Facilitador que pode ser um texto ou um número do tipo float*  
*Seja  $\Delta$ Total a lista dos agentes participantes que ainda podem criar novos tópicos de discussão*  
*Seja  $\Delta$ Falar a lista dos agentes participantes que querem começar um novo tópico de discussão*  
*Seja Tmax o tempo máximo recebido*  
*Seja AgEscolhido o agente escolhido para começar um novo tópico*

*Início*  
   *Se (Conteúdo da Mensagem = "Já todos falaram.") então*  
     *TopicoAberto  $\leftarrow$  FALSO*  
   *Fim se*  
   *Se (TopicoAberto = FALSO) então*  
     *Para cada AgParticipante  $\notin$   $\Delta$ Total fazer*  
       *EnviarMensagem("Quem quer falar?", Facilitador, AgParticipante)*  
     *Fim para*  
   *Fim se*  
   *Se (Conteúdo da Mensagem > -1) então*  
     *adiciona Emissor da Mensagem a  $\Delta$ Falar*  
     *Se (Valor da Mensagem > Tmax) então*  
       *Tmax  $\leftarrow$  Valor da Mensagem*  
       *AgEscolhido  $\leftarrow$  Emissor da Mensagem*  
     *Fim se*  
   *Se (  $\Delta$ Falar =  $\Delta$ Total ) então*  
     *EnviarMensagem("Podes Falar.", Facilitador, AgEscolhido)*  
     *TopicoAberto  $\leftarrow$  VERDADEIRO*  
     *limpar  $\Delta$ Falar*

```

Tmax ← -1
Fim se
Senão se (Conteúdo da Mensagem = -1) então
    remover Emissor da Mensagem de ΔTotal
Fim se
Fim

```

#### Código 12 – Algoritmo de gestão de tópicos

O agente facilitador ao receber uma mensagem pode verificar três tipos de situações:

1. Mensagem que indica que já todos os agentes falaram e que o tópico pode ser encerrado. Caso tal aconteça o agente facilitador pergunta a todos os agentes que ainda podem criar novos tópicos quem quer ser o próximo a falar e fica a espera das mensagens com os tempos de cada agente.
2. Mensagem de um agente participante com um tempo não negativo. Caso tal aconteça o agente facilitador irá adicionar o Emissor à lista de participantes que quer começar um novo tópico e vai verificar se o tempo recebido por esse agente é superior ao tempo máximo que tem registado. Se tal se verificar esse agente passa a ser o escolhido como o próximo agente que vai abrir um novo tópico de discussão. A ordem para abrir um novo tópico para o agente escolhido só será dada quando já todos os agentes que ainda queriam começar um novo tópico de discussão tiverem enviado os respetivos tempos.
3. Mensagem de um agente participante com um tempo negativo. Esta situação significa que o agente facilitador recebeu um tempo de um agente participante que já não pretende criar mais tópicos de discussão. Se tal acontecer esse agente é retirado da lista dos agentes que podem criar novos tópicos de discussão.

### 3.6.3 Terminar a discussão

O agente facilitador têm a responsabilidade de dar por encerrada a discussão caso tal seja necessário.

As duas condições para que a reunião termine são:

1. Já todos os agentes participantes aceitaram uma determinada alternativa. Como o facilitador recebe e reencaminha todas as mensagens entre os participantes, é da sua responsabilidade verificar quais os pedidos que vão sendo aceites e recusados. Caso se verifique a condição em que uma das alternativas consideradas é aceite por todos os participantes o facilitador deverá dar a reunião por terminada e informar os participantes que já foi obtido um consenso a favor de uma alternativa.
2. Já todos os agentes participantes partilharam toda a informação que queriam e ninguém tem mais nada a acrescentar à discussão. Esta situação é verificada muitas



vezes em contextos reais de tomada de decisão. Há alturas em que os decisores simplesmente não conseguem chegar a um consenso e por esse motivo vêm-se obrigados a repensar os seus interesses, ou a voltar a estudar o problema, para numa próxima reunião já serem capazes de partilhar mais informações. A mesma lógica foi transportada para este contexto e dessa forma poderá haver alturas em que os agentes não são capazes de chegar a um consenso e será necessário que os decisores reais refaçam as respetivas configurações do problema para uma eventual reunião no futuro.

#### **3.6.4 Apresentar resultados**

Após a reunião ser dada como encerrada é da responsabilidade do facilitador transmitir todos os resultados obtidos durante a discussão tanto ao organizador da reunião como aos decisores que participaram nela. Os dados considerados como relevantes para a resolução do problema são:

1. Alternativa consensual – Em caso de ter sido possível atingir um consenso todos os intervenientes devem ser informados sobre a respetiva alternativa.
2. Percentagem de agentes a favor de cada alternativa – Estes dados permitem saber, mesmo quando não é possível atingir um consenso, a(s) alternativa(s) que estiveram mais próximas de serem aceites por todos. Este dado pode ser bastante relevante para retirar conclusões como, perceber quais os fatores que influenciaram a facilidade ou dificuldade de aceitação de uma alternativa, o que inclui os estilos de conflito, a credibilidade, e as próprias preferências assumidas pelos agentes.
3. Número total de pedidos e argumentos trocados – Os agentes podem mandar pedidos sem argumentos, como será exposto com mais detalhe na 3.8 deste capítulo, e estes dados podem ser úteis para perceber o impacto desse tipo de pedidos. Além disso o número total de argumentos trocados irá permitir perceber se a hipótese inicialmente apresentada na dissertação em que é assumido que o número de argumentos trocados não está diretamente relacionado com a qualidade de decisão.
4. Número de pedidos aceites com um determinado argumento – Este dado permite perceber o impacto que cada tipo de argumento que é trocado terá na discussão e nos resultados obtidos. Ajuda também a perceber quais os cenários em que será mais fácil aceitar pedidos de um determinado tipo.

## 3.7 Agente Participante

O agente participante representa um decisor real no sistema e irá se comportar da forma como o decisor real se comportaria durante a reunião e ao mesmo tempo ter a capacidade para conseguir defender a opinião e os interesses do mesmo. Este terá as seguintes funções:

1. Registrar-se na reunião;
2. Criar tópicos de discussão;
3. Responder a mensagens de outros agentes;
4. Realizar pedidos a outros agentes participantes;
5. Verificar pedidos de outros participantes e aceitá-los ou recusá-los;
6. Informar o agente facilitador para a conclusão do tópico de discussão;
7. Informar o facilitador para o fim de participação na discussão.

### 3.7.1 Registo na Reunião

O registo do agente participante na reunião é feito de uma forma muito simples. Cada agente que irá participar fica a espera de uma mensagem do agente facilitador a informar acerca do começo da mesma e deverá responder com uma mensagem “OK” para o agente facilitador.

### 3.7.2 Criar tópicos de discussão

Após a reunião ter começado, ou um tópico ter sido concluído, o agente facilitador irá perguntar a todos os agentes participantes quem quer ser o próximo a começar um novo tópico de discussão. Todos os agentes participantes irão depois calcular o respetivo tempo de participação e responder ao agente facilitador. De seguida é apresentado e explicado o algoritmos para o cálculo do tempo de participação.

```
Seja Facilitador o agente facilitador
Seja AgenteParticipante o agente participante
Seja ListaLocucoes a lista de locuções disponíveis do agente participante
Seja a o índice de atividade do agente participante
// para agente sem estilo de conflito a = 100
Seja NumParticipacao o número float de participação do agente participante
Seja n um número aleatório de 0 a 1
```

```
Início
  Se (ListaLocucoes = -VAZIA) então
    NumParticipacao  $\leftarrow n * a$ 
    EnviarMensagem(NumParticipacao, AgenteParticipante, Facilitador)
  Senão
    EnviarMensagem(-1, AgenteParticipante, Facilitador)
Fim se
```

*Fim*

### Código 13 – Algoritmo do cálculo do tempo de participação para um agente

O agente participante verifica se ainda tem locuções para partilhar com os restantes agentes. Caso isso aconteça irá calcular um tempo de participação que será o produto do índice de atividade e um número aleatório de 0 a 1, para o caso de o agente ser configurado com um estilo de conflito. Se o agente não for configurado com um estilo de conflito o tempo de participação será um número aleatório de 0 a 100.

Se o agente não tiver mais locuções para partilhar, responde ao agente facilitador com o tempo de participação -1, de forma a não ser escolhido e ao mesmo tempo informar o agente facilitador para o fim de participação na reunião.

Depois de todos os agentes enviarem os respetivos tempos de participação e após o facilitador selecionar e informar o próximo agente a criar um novo tópico de discussão, o agente participante irá selecionar e informar o agente facilitador sobre o tópico a ser criado, que depende do índice de probabilidade de fazer uma questão ou declaração e que depende também do tipo de agente participante (com ou sem estilo de conflito). De seguida é apresentados o algoritmo para a seleção da locução relativa ao tópico a ser criado.

```
Seja Facilitador o agente facilitador
Seja AgenteParticipante o agente participante
Seja ListaAgentes a lista dos restantes agentes participantes
Seja ListaQuestoes a lista de locuções disponíveis do agente participante do
tipo Questão
Seja ListaDeclaracoes a lista de locuções disponíveis do agente participante do
tipo Declaração
Seja l a locução a ser enviada
Seja Tipo o tipo de locução escolhida
Sejam n1 e n2 dois números aleatório de 0 a 1
Seja q a probabilidade de fazer questão
// q = 100 se agente for configurado sem estilo de conflito
Seja d a probabilidade de fazer declaração
// d = 100 se agente for configurado sem estilo de conflito
Seja NumQuestao o número calculado para fazer questão
Seja NumDeclaracao o número calculado para fazer declaração
```

```
Início
  Se (ListaQuestoes = VAZIA) então
    Tipo ← “Declaração”
  Senão se (ListaDeclaracoes = VAZIA) então
    Tipo ← “Questão”
  Senão
    NumQuestao ← n1 * q
    NumDeclaracao ← n2 * d
    Se (NumQuestao >= NumDeclaracao) então
      Tipo ← “Questão”
    Senão
      Tipo ← “Declaração”
    Fim se
  Fim se
  Se (Tipo = “Declaração”) então
    l ← elemento aleatório de ListaDeclaracoes
    retirar l de ListaDeclaracoes
```

```

Senão
    l ← elemento aleatório de ListaQuestoes
    retirar l de ListaQuestoes
Fim se
EnviarMensagem(l, AgenteParticipante, AgenteFacilitador, ListaAgentes)
Fim

```

Código 14 – Algoritmo de seleção de locução para um agente com estilo de conflito

O agente participante começa por verificar quais os tipos de locuções para os tópicos que pode criar. O agente decide se faz uma questão ou declaração com recurso ao cálculo entre o produto do índice de atividade e um número aleatório de 0 a 1, caso seja configurado com um estilo de conflito. Se não for configurado com um estilo de conflito o agente apenas decide se faz uma questão ou declaração com recurso a um número aleatório de 0 a 100.

Após ter selecionado o tipo de locução para o tópico a criar, o agente participante seleciona uma locução aleatória da lista de locuções com o tipo de locução correspondente e informa o agente facilitador com essa locução que será enviada posteriormente para todos os restantes agentes participantes.

É importante referir que um agente que cria um tópico também deve responder ao tópico criado para os restantes agentes também conseguirem saber a sua opinião relativa ao tópico criado. Por exemplo, um agente que criou um tópico a perguntar a todos os outros agentes quais as alternativas que preferem, também deverá responder dizendo as suas próprias alternativas preferidas.

### 3.7.3 Realizar pedidos

Ao longo da discussão e troca de mensagens públicas cada agente participante vai adquirindo mais informação acerca das preferências dos restantes agentes, e poderão surgir ocasiões em que poderá realizar pedidos a outros agentes de forma a tentar convence-los a aceitar a sua opinião. Cada pedido poderá ser precedido de um argumento a justificar a opinião do agente participante e que deverá ser analisado pelo agente participante a convencer. A seleção do argumento a enviar para justificar a opinião terá por base um conjunto de condições que serão exploradas com mais detalhe na próxima secção seguinte relativa ao Sistema de Argumentação especificado.

### 3.7.4 Verificar pedidos

Quando um agente participante recebe um pedido de um outro agente participante este deverá analisar o pedido conforme o tipo de argumento que é enviado (ou não) a justificar o pedido. Esta verificação será também explorada na próxima secção (Sistema de Argumentação) considerada. É importante referir novamente para o facto de dependendo da aceitação do pedido tanto o agente que aceitou o pedido como o agente que enviou o pedido poderão redefinir o conjunto de locuções a transmitir aos restantes participantes.

### 3.7.5 Conclusão de tópicos

Cada agente que cria um novo tópico de discussão irá esperar pela resposta de todos os restantes agentes participantes. Após receber todas as respostas, o agente participante deverá informar o agente facilitador para o facto de todos os outros agentes já terem respondido e por consequência o tópico de discussão poder ser encerrado.

## 3.8 Sistema de argumentação

Nesta secção é explicada a forma como o processo de negociação automática é realizado entres os agentes no sistema, através do recurso à argumentação para justificar eventuais pedidos que os agentes possam fazer a outros agentes. A troca, recusa, e aceitação dos pedidos está relacionada com a configuração que é feita para cada agente participante e que incluiu características como preferências e estilo de conflito.

Durante uma reunião de tomada de decisão em grupo, os agentes participantes poderão trocar locuções do tipo pedido, caso pretendam convencer outro agente, ou então trocar locuções do tipo declaração, caso pretendam responder a um pedido que é feito.

Cada mensagem de um pedido poderá ser acompanhada (ou não) por um argumento a justificar esse mesmo pedido.

As etapas contempladas no processo de negociação são as seguintes:

1. Início do pedido
2. Seleção de argumento
3. Verificação do pedido

De seguida será explicada cada uma destas etapas com mais detalhe

### 3.8.1 Início do pedido

A primeira etapa da negociação passa pelo agente participante decidir se deve ou não fazer um pedido.

Esta verificação é feita se o agente tiver sido configurado com um estilo de conflito e sempre que este recebe uma mensagem de declaração pública a responder ao tópico atual que estiver a ser discutido.

*Seja  $m$  a mensagem recebida  
Seja  $p$  a probabilidade de fazer um pedido  
Seja  $n$  um número aleatório de 0 a 1*

```

Início
  Se ( $p \geq n$ ) então
    SelecionarArgumento( $m$ )
  Fim se
Fim

```

Código 15—Algoritmo de verificação da realização de um pedido

O agente verifica, através do índice de probabilidade de fazer um pedido, se vai ou não fazer um pedido naquele instante da discussão.

Caso o agente não tenha sido configurado com um estilo de conflito, esta etapa inicial não será considerada.

### 3.8.2 Seleção do argumento

A etapa seguinte passa pela seleção (ou não) de um argumento e do agente a persuadir. São considerados dois tipos de argumentos baseados na literatura e no sistema desenvolvido por Sarit Kraus e colegas (KRAUS et al.) e que estão de acordo com o contexto da dissertação, sendo eles:

#### 3.8.2.1 Apelo ao interesse próprio

Este argumento é utilizado quando um agente participante pretende convencer outro agente referindo ao pedido como sendo do seu interesse. Esta situação verifica-se quando alternativa preferida de um agente tem valores superiores para o critério preferido de outro agente comparada com a alternativa preferida desse agente. Isto significa que este argumento apenas é aplicável a critérios cujos valores podem ser comparados diretamente, o que inclui valores do tipo número, booleano e classificativo, ou seja, este argumento apenas é aplicável para critérios objetivos [Carneiro et al., 2015a]. A representação textual de um pedido com este tipo de argumento seria por exemplo:

*Pedido - "Aceitas a alternativa X?"*

*Argumento - "Tu dás importância ao critério 'Preço' e a alternativa X tem um preço inferior comparado com o preço da tua alternativa preferida."*

De seguida é apresentado e explicado o algoritmo de apelo ao interesse próprio.

```

Seja Ag1 o agente que envia o pedido
Seja Ag2 o agente que emitiu a mensagem
Seja AltPrefAg1 a alternativa preferida do agente que envia o pedido
Seja AltPrefAg2 a alternativa preferida do agente que emitiu a mensagem
Seja CAg2 o critério preferido do agente que emitiu a mensagem
Seja  $\Delta$ alternativas a lista de alternativas existentes
Seja ListaAlternativasOrdenadas, a lista de todas as alternativas ordenadas
segundo o critério preferido do agente que emitiu a mensagem e os respetivos
índices
Seja IndiceAltPrefAg1 o índice da alternativa preferida do agente que envia o
pedido

```

*Seja ÍndiceAltPrefAg2 o índice da alternativa preferida do agente que emitiu a mensagem*

*Início*

*ListaAlternativasOrdenadas  $\leftarrow$  OrdenarLista( $\Delta$ alternativas, CAg2)*

*Para cada AlternativaOrdenada  $\in$  ListaAlternativasOrdenadas fazer*

*Se (AltPrefAg1 = Alternativa de AlternativaOrdenada) então*

*ÍndiceAltPrefAg1  $\leftarrow$  índice de AlternativaOrdenada*

*Fim se*

*Se (AltPrefAg2 = Alternativa de AlternativaOrdenada) então*

*ÍndiceAltPrefAg2  $\leftarrow$  índice de AlternativaOrdenada*

*Fim se*

*Fim para*

*Se (ÍndiceAltPrefAg1 < ÍndiceAltPrefAg2) então*

*EnviarPedidoApeloInteresseProprio(Ag1, AltPrefAg1, Ag2, CAg2)*

*Fim se*

*retornar FALSO*

*Fim*

#### Código 16 – Algoritmo de apelo ao interesse próprio

O agente que recebeu a mensagem e que tenta fazer o pedido começa por ordenar da melhor para a pior as alternativas do problema segundo o critério preferido do agente que enviou a mensagem e segundo a grandeza do critério (maximização, minimização). A lista resultante irá incluir as alternativas ordenadas e respetivos índices. De seguida atribui um índice tanto à sua alternativa preferida como à alternativa preferida do agente que enviou a mensagem de acordo com o índice da alternativa na lista ordenada. Se o índice da sua alternativa preferida for inferior ao índice da alternativa preferida do agente a convencer tal significa que a sua alternativa é superior para o critério considerado e por consequência o agente poderá enviar um pedido de apelo ao interesse próprio.

#### 3.8.2.2 Apelo a práticas comuns

Este argumento é utilizado quando o agente pretende convencer outro agente apelando ao facto de a alternativa selecionada já ter uma grande aceitação pelo grupo de discussão e esperar que o agente a convencer não contrarie a tendência do grupo. A representação textual de um pedido com este tipo de argumento seria por exemplo:

*Pedido - “Aceitas a alternativa X?”*

*Argumento - “Já mais de metade dos participantes preferem a alternativa X.”*

De seguida é apresentado e explicado o algoritmo do apelo a práticas comuns

*Seja Ag1 o agente que envia o pedido*

*Seja Ag2 o agente que recebe o pedido*

*Seja Alt a alternativa preferida do agente que envia o pedido*

*Seja  $\Delta$ Alt o conjunto de agentes participantes a favor da alternativa preferida do agente que envia o pedido*

*Seja  $\Delta$  o conjunto de todos os agentes participantes na discussão*

*Início*

```

    Se (tamanho de  $\Delta Alt > \text{tamanho de } \Delta / 2$ ) então
        EnviarPedidoApeloPraticasComuns(Ag1, Alt, Ag2)
    Fim se
Fim

```

#### Código 17 – Algoritmo de apelo a práticas comuns

O agente que envia o pedido começa por identificar um outro agente participante que ainda não prefira a mesma alternativa. De seguida verifica se essa alternativa já é aceite por mais de metade dos apoiantes na discussão. Se tal acontecer o agente poderá então enviar um pedido ao outro agente a apelar a práticas comuns.

Além dos dois argumentos apresentados é ainda considerado um terceiro que será o argumento do apelo ao bom senso.

#### 3.8.2.3 Apelo ao bom senso

Este argumento é utilizado quando um agente participante pretende convencer outro agente apelando ao seu bom senso, tentando dessa forma desbloquear um impasse. Esta situação é verificada quando esse agente está agarrado a uma única alternativa preferida só por ele e que não terá hipóteses de ser selecionada como solução ao problema. A representação textual de um pedido com este tipo de argumento seria por exemplo:

*Pedido - “Aceitas a alternativa X?”*

*Argumento - “És o único a favor da alternativa Y.”*

De seguida é apresentado e explicado o algoritmo do apelo ao bom senso

```

Seja Ag1 o agente que envia o pedido
Seja Ag2 o agente que recebe o pedido
Seja  $\Delta SemAg1$  o conjunto de todos os agentes participantes na discussão sem
incluir o agente que envia o pedido
Seja  $\Delta AgUmaAlternativa$  a lista dos agentes cuja alternativa preferida só tem
um apoiante
Seja Alt1 a alternativa preferida do agente que envia o pedido
Seja  $\Delta Alt$  o conjunto de agentes participantes a favor da alternativa preferida
do agente que envia o pedido
Seja  $\Delta$  o conjunto de todos os agentes participantes na discussão
Seja  $\Delta AltAg2$  a lista de alternativas preferidas do agente
Seja ListaAlternativasPreferidas a lista de todas as alternativas preferidas
por todos os agentes na discussão
Seja contador o número de agentes a favor de uma alternativa
Seja verificado o booleano que verifica se o agente prefere uma alternativa com
mais de 1 apoiante

```

*Início*

```

    Se (tamanho de  $\Delta Alt > \text{tamanho de } \Delta / 2$ ) Então
        Para cada Ag2  $\in \Delta SemAg1$ 
             $\Delta AltAg2 \leftarrow$  lista de alternativas preferidas de Ag2
            Para cada Alt2  $\in \Delta AltAg2$ 
                contador  $\leftarrow 0$ 
                Para cada Alternativa  $\in$  ListaAlternativasPreferidas
                    Se (Alternativa = Alt2) então

```



```

                                contador ← contador +1
                                Fim se
                            Fim para
                            Se (contador > 1) então
                                verificado ← VERDADEIRO
                            Fim se
                        Fim para
                        Se (verificado = FALSO) então
                            adicionar Ag2 a ΔagUmaAlternativa
                        Fim se
                    Fim para
                    Se (ΔagUmaAlternativa = -VAZIA) então
                        Ag2 ← elemento aleatório de ΔagUmaAlternativa
                        EnviarPedidoApeloBomSenso(Ag1, Alt1, Ag2)
                        retornar VERDADEIRO
                    Fim se
                Fim se
            retornar FALSO
        Fim

```

Código 18 – Algoritmo de apelo ao bom senso

Para um agente enviar um pedido a apelar ao bom senso a alternativa preferida desse agente deverá ser apoiada por mais de metade dos participantes. Caso tal condição se verifique, agente que envia o pedido irá depois ver as alternativas preferidas dos outros participantes e quantos mais agentes preferem essas alternativas. Se existir um outro agente que prefira apenas alternativas com um só apoiante (ele próprio), será depois adicionado à lista de agentes cuja alternativa preferida só tem um apoiante. Por fim é selecionado um agente aleatório dessa lista e para o qual o agente poderá fazer um pedido de apelo ao bom senso.

#### 3.8.2.4 Pedido sem argumento

Além dos pedidos apoiados com argumentos, o agente poderá enviar também pedidos sem argumento caso nenhum dos argumentos admitidos possa ser utilizado.

A ordem pela qual cada um dos argumentos serão (ou não) escolhidos no pedido é apresentada no algoritmo de seleção de argumento.

```

        Seja m a mensagem recebida
        Seja resultado o resultado da seleção do argumento

        Início
            resultado ← TentarApeloBomSenso(m)
            Se (resultado = FALSO) então
                resultado ← TentarApeloInteresseProprio(m)
                Se (resultado = FALSO) então
                    resultado ← TentarApeloPraticasComuns(m)
                    Se (resultado = FALSO) então
                        resultado ← PedidoSemArgumento(m)
                    Fim se
                Fim se
            Fim se
        Fim se
    Fim

```

Código 19 – Algoritmo de seleção de argumento

Em primeiro lugar, o agente tenta enviar um pedido com o argumento de apelo ao bom senso. Em caso de não ser possível tenta de seguida enviar um pedido com o argumento de apelo ao interesse próprio. Se também não for possível, tenta enviar um pedido com o argumento de apelo a práticas comuns. Por fim e caso não seja possível enviar nenhum pedido com argumentos, o agente irá tentar enviar um pedido sem argumento.

Esta ordem foi adaptada a partir da ordem de troca de argumentos proposta no sistema de Kraus e seus colegas [Kraus et al., 1998], sendo que o agente irá tentar enviar pedidos a partir do argumento que consideramos ser o mais forte até o envio de o pedido sem argumento.

### 3.8.2.5 Restrições

A seleção do argumento a enviar é restringida por duas condições que devem ser obedecidas.

1. Um agente não pode enviar duas vezes um pedido com um mesmo argumento para um mesmo agente sem que haja uma mudança de apoiantes a favor da alternativa pedida. Caso um agente já tenha feito um pedido a um outro agente com a utilização de um determinado argumento, esse mesmo agente não pode enviar de novo um pedido a favor de uma alternativa sem que hajam novos apoiantes. Caso contrário poderia se verificar uma situação em que o agente está constantemente a enviar o mesmo pedido com a mesma justificação para o mesmo agente que por sua vez iria estar sempre a rejeitar esse pedido.
2. Um agente não pode enviar um pedido justificado com um argumento de apelo ao bom senso se não souber todas as preferências dos participantes. Isto evita situações iniciais em que um agente poderia apelar ao bom senso de um outro agente logo no início da discussão, já que desconhece as preferências de todos os restantes agentes e por consequência assume que nenhum deles poderia ter a mesma alternativa preferida que o agente que quer convencer, o que é incorreto.

## 3.8.3 Verificação do argumentos

### 3.8.3.1 Agente com estilo de conflito

Cada agente que recebe um pedido irá verificar o tipo de argumento associado ao pedido (caso tenha sido enviado um pedido com argumento) e dependendo do estilo de conflito do agente o pedido será analisado, sendo por fim aceite ou recusado.

A aceitação ou recusa de um pedido está relacionada com a dimensão da resistência à mudança do agente. Tendo em conta os valores que foram apresentados na Tabela 8 para esta dimensão, e de uma forma simples o cálculo para aceitar ou recusar um pedido poderia ser feito da seguinte forma:

$$\begin{cases} \text{Aceitar, se } \text{valor da alternativa pedida} \geq \text{valor da alternativa preferida} - ((1 - \text{resistência}) * 100) \\ \text{Recusar, se } \text{valor da alternativa pedida} < \text{valor da alternativa preferida} - ((1 - \text{resistência}) * 100) \end{cases}$$

### Exemplo 1.1

Consideremos o exemplo de um agente que foi configurado com o estilo de conflito do tipo integrador. O índice de resistência à mudança para este agente é de 0,52 e portanto o intervalo de aceitação seria:

$$(1 - 0,52) * 100 = 48$$

Se a alternativa do agente preferida tiver sido configurada configurada com um valor de 95 unidades isso significa que:

$$\begin{cases} \text{Aceitar, se valor da alternativa pedida} \geq 95 - 48 \\ \text{Recusar, se valor da alternativa pedida} < 95 - 48 \end{cases}$$

O agente que recebe o pedido aceita se para a alternativa preferida este der um valor superior a 47 unidades.

Apesar deste cálculo funcionar, a fórmula utilizada é igual independentemente do argumento considerado e o intervalo de aceitação seria sempre o mesmo. Além disso esse intervalo é relativamente alto para alguns dos estilos de conflito considerados e tal valor apenas deveria ser admitido em situações de impasse. Por essa razão é necessário readaptar esta fórmula para que em conjunto com outras variáveis da discussão e de acordo com o tipo de argumento (ou não) que for enviado possa assumir um intervalo de aceitação inferior dependendo do tipo de pedido que é feito.

De seguida será explicada a forma como esta fórmula foi adaptada, tendo em conta que o agente que recebe o pedido foi configurado com um estilo de conflito e para cada um dos tipos de argumentos que foram considerados assim como para o caso em que esse agente recebe um pedido sem argumento.

### Pedido sem argumento

Para os pedidos sem argumentos, além do valor da resistência à mudança será também verificado o número de agentes a favor da alternativa pedida e o número total dos restantes agentes ( $n^{\circ}$  total de agentes - 1).

$$nrSA = (1 - \text{resistência}) * 100 * \frac{N^{\circ} \text{ de agentes a favor da alternativa pedida}}{N^{\circ} \text{ total de agentes} - 1} \quad (4)$$

### Exemplo 1.2

Consideremos o mesmo agente do exemplo anterior. Se num cenário em que participam 10 agentes e se esse agente receber um pedido para uma alternativa que já tem 7 agentes a favor, o novo índice da resistência à mudança para o pedido sem argumento será de:

$$nrSA = 48 * \frac{7}{9} \approx 37$$

Isto significa que o agente para aceitar esse pedido teria de configurar a preferência da

alternativa pedida como sendo:

$$\begin{cases} \text{Aceitar, se valor da alternativa pedida} \geq 95 - 37 \\ \text{Recusar, se valor da alternativa pedida} < 95 - 37 \end{cases}$$

### Pedido de apelo ao interesse próprio

Para os pedidos de apelo ao interesse próprio, serão utilizados os valores anteriormente calculados assim como o valor da normalização do critério associado ao pedido.

A fórmula para normalizar o critério associado ao pedido será:

$$\text{Normalização do critério do pedido} = \frac{\text{valor do critério do pedido}}{\sum_{i=1}^{\text{totalcritérios}} \text{valor}_{\text{Critério } i}}$$

A normalização do critério associado ao pedido corresponde à divisão do valor de preferência dado para esse critério por a soma do valor de preferência dados para cada critério existente.

O novo índice de resistência à mudança para o pedido de apelo ao interesse próprio é:

$$\text{nrIP} = ((1 - \text{resistência}) * 100 - \text{nrSA}) * \text{Normalização do critério do pedido} + \text{nrSA} \quad (5)$$

### Exemplo 1.3

Consideremos os mesmos dados do exemplo anterior. Num cenário em que um agente recebe um pedido a apelar ao interesse próprio referindo à sua preferência por um critério cujo valor dado é de 80 unidades. Se para esse problema forem admitidos 4 critérios e o valor total que o agente der para esses critérios for de 210 unidades, o novo índice de resistência à mudança para o pedido de apelo ao interesse próprio será de:

$$\text{nrIP} = (48 - 37) * \frac{80}{210} + 37 \approx 11 * 0,38 + 37 \approx 41$$

Isto significa que o agente para aceitar esse pedido teria de configurar a preferência da alternativa pedida como sendo:

$$\begin{cases} \text{Aceitar, se valor da alternativa pedida} \geq 95 - 41 \\ \text{Recusar, se valor da alternativa pedida} < 95 - 41 \end{cases}$$

### Pedido de apelo a práticas comuns

Para os pedidos de apelo a práticas comuns, serão utilizados os mesmos valores do pedido sem argumento e será também utilizado o valor inverso da dimensão da preocupação com os outros. De seguida é apresentado a tabela com o valor da dimensão da preocupação com os

outros para cada estilo de conflito e o respetivo valor inverso.

A forma mais fácil de perceber o qual é o valor inverso associado a cada estilo de conflito para a dimensão de preocupação com os outros é ver o valor inverso como o contrário, ou seja, para os estilos cujo valor da dimensão de preocupação com os outros é alto (3), o inverso seria baixo (1). Da mesma forma, para os estilos cujo valor da dimensão de preocupação com os outros é baixa (1), o inverso seria alto (3). Para o caso do estilo comprometedor, como o valor da dimensão de preocupação com os outros é moderado (2) o inverso será na mesma moderado (2). A nova resistência à mudança para pedidos de apelo a práticas comuns será:

$$nrPC = \frac{((1 - \text{resistência}) * 100 - nrSA)}{\text{Inverso da preocupação com os outros}} + nrSA \quad (6)$$

#### Exemplo 1.4

Consideremos o mesmo agente dos exemplos anteriores. Num cenário em que um agente recebe um pedido a apelar a práticas comuns, e tendo em conta que este agente foi configurado com um estilo de conflito do tipo Integrador, então tal significa que o valor para a dimensão de preocupação com os outros será alta o por consequência o seu inverso será baixo. A nova resistência à mudança de apelo a práticas comuns para este caso seria:

$$nrPC = \frac{11}{1} + 37 \approx 48$$

Isto significa que o agente para aceitar esse pedido teria de configurar a preferência da alternativa pedida como sendo:

$$\begin{cases} \text{Aceitar, se valor da alternativa pedida} \geq 95 - 48 \\ \text{Recusar, se valor da alternativa pedida} < 95 - 48 \end{cases}$$

#### Pedido de apelo ao bom senso

O pedido de apelo ao bom senso, como já foi anteriormente referido, é utilizado para tentar desbloquear situações de impasse em que apenas o agente que recebe o pedido é a favor de uma alternativa sem mais apoiantes. O agente que recebe este tipo de pedidos deverá admitir o valor da resistência à mudança na sua totalidade sendo por isso:

$$nrBS = (1 - \text{resistência}) * 100 \quad (7)$$

Isto significa que o agente para aceitar esse pedido teria de configurar a preferência da alternativa pedida como sendo:

$$\begin{cases} \text{Aceitar, se } (1 - \text{resistência}) * 100 \geq (\text{valor da alternativa preferida} - \text{valor da alternativa pedida}) \\ \text{Recusar, se } (1 - \text{resistência}) * 100 < (\text{valor da alternativa preferida} - \text{valor da alternativa pedida}) \end{cases}$$

#### 3.8.3.2 Agente sem estilo de conflito

Os agentes configurados sem estilo de conflito como não têm acesso aos valores das

dimensões, terão de verificar os pedidos de maneira diferente. De seguida será explicada a forma como os agentes sem estilo de conflito fazem a verificação dos pedidos consoante o tipo de argumento enviado, ou caso o pedido seja enviado sem argumento.

### **Pedido sem argumento**

Para os pedidos sem argumento, o agente irá verificar se a diferença entre o valor da alternativa preferida e o valor da alternativa do pedido é inferior a 25 unidades.

$$\begin{cases} \text{Aceitar, se } (\text{valor da alternativa preferida} - \text{valor da alternativa pedida}) \leq 25 \\ \text{Recusar, se } (\text{valor da alternativa preferida} - \text{valor da alternativa pedida}) > 25 \end{cases}$$

### **Exemplo 2.1**

Consideremos o exemplo de um agente cuja alternativa preferida foi classificada a valer 95 unidades. Para que um pedido sem argumento ser aceite, o valor da alternativa pedido deverá ser:

$$\begin{cases} \text{Aceitar, se } \text{valor da alternativa pedida} \geq 70 \\ \text{Recusar, se } \text{valor da alternativa pedida} < 70 \end{cases}$$

### **Pedido de apelo ao interesse próprio**

Para os pedidos de apelo ao interesse próprio, à semelhança do que acontece com os agentes configurados com um estilo de conflito, será utilizado também o valor da normalização do critério associado ao pedido assim como o número de agentes a favor da alternativa pedida e o número total de agentes participantes (sem contar com o agente que recebe o pedido). O cálculo efetuado será então o seguinte:

$$IP = \left( \frac{N^{\circ} \text{ de agentes a favor}}{N^{\circ} \text{ total de agentes} - 1} * n. \text{ do critério do pedido} \right) * (1 - \text{Valor alt. pedida}) + \text{Valor alt. pedida} \quad (8)$$

O agente que recebe o pedido irá aceitar ou recusar o pedido se:

$$\begin{cases} \text{Aceitar, se } IP \geq \text{valor da alternativa preferida} \\ \text{Recusar, se } IP < \text{valor da alternativa preferida} \end{cases}$$

### **Pedido de apelo a práticas comuns**

Para os pedidos de apelo a práticas comuns, como o agente não foi configurado com um estilo de conflito e por consequência não poderá utilizar o valor da dimensão de preocupação com os outros, apenas serão utilizados o número de agentes a favor da alternativa pedida e o número total de agentes participantes (sem contar com o agente que recebe o pedido). O cálculo efetuado será o seguinte:

$$PC = \left( \frac{N^{\circ} \text{ de agentes a favor}}{N^{\circ} \text{ total de agentes} - 1} \right) * (1 - \text{Valor alt. pedida}) + \text{Valor alt. pedida} \quad (9)$$

O agente que recebe o pedido irá aceitar ou recusar o pedido se:

$$\begin{cases} \text{Aceitar, se } PC \geq \text{valor da alternativa preferida} \\ \text{Recusar, se } PC < \text{valor da alternativa preferida} \end{cases}$$

### **Pedido de apelo ao bom senso**

Para os pedidos de apelo ao bom senso o agente irá utilizar as variáveis do valor de preferência a cada alternativa e o número de agentes a favor de cada alternativa. O algoritmo seguinte demonstra o processo de verificação de pedidos a apelar ao bom senso.

*Seja Alt1 a alternativa pedida*  
*Seja  $\Delta$ Alternativas a lista das alternativas existentes*  
*Seja resultado o resultado da verificação*

```

Início
  resultado ← VERDADEIRO
  n1 ← NumeroAgentesAFavor(Alt1)
  Para cada Alt2 ∈  $\Delta$ Alternativas
    n2 ← NumeroAgentesAFavor(Alt2)
    Se (n2 > n1) então
      v1 ← valor de preferência de Alt1
      v2 ← valor de preferência de Alt2
      Se (v2 > v1) então
        resultado ← FALSO
      Fim se
    Fim se
  Fim para
  Se (resultado = VERDADEIRO) então
    AceitarPedido()
  Senão
    RecusarPedido()
  Fim se
Fim

```

Código 20 – Algoritmo de verificação de pedido a apelar ao bom senso de um agente sem estilo de conflito

O agente que recebe o pedido irá verificar se existe alguma alternativa apoiada por mais participantes comparado com o número de participantes a apoiar a alternativa do pedido. Se tal se verificar e se o agente der um valor de preferência a essa alternativa superior ao valor dado à alternativa do pedido, este irá recusar o pedido. Caso contrário o agente irá aceitar o pedido.





## 4 Implementação e avaliação

Depois de todo o processo metodológico e de concepção ter sido abordado no capítulo anterior, e onde foram apresentados todos os pressupostos e definições assumidas no desenvolvimento do trabalho, será então apresentada neste capítulo a forma como o sistema foi desenvolvido e serão explicados os principais detalhes de implementação. Depois da implementação do sistema será ainda exposto um caso de estudo que foi realizado sobre o sistema desenvolvido e que permitirá validar as hipóteses consideradas.

### 4.1 Introdução

O sistema desenvolvido, tal como já foi referido anteriormente tem como principal objetivo dar suporte à tomada de decisão ubíqua e portanto será fundamental permitir a sua utilização em contextos em que não hajam restrições ao nível de tempo e de espaço.

O capítulo anterior descreveu a arquitetura do sistema, o que incluiu as características dos intervenientes e dos respetivos agentes virtuais, e as funções que estes desempenham ao longo de todo o processo de tomada de decisão.

Neste capítulo serão explicados os principais detalhes de implementação do sistema como a linguagem de programação, a ferramenta de desenvolvimento e o modelo de aplicação. Será exposto um caso de estudo que permita avaliar os pressupostos e definições assumidas e ao mesmo tempo permitir validar as hipóteses apresentadas na introdução deste documento.

## 4.2 Implementação

A linguagem de programação utilizada no desenvolvimento deste trabalho foi a linguagem Java [JAVA, 2015] e a ferramenta de suporte ao sistema multi-agente foi o *Java Agent Development* [JADE, 2015] referido anteriormente na secção 2.2.2.2.

A linguagem Java é orientada ao objeto, permitindo a fácil criação de código reutilizável. Além disso esta linguagem é independente da plataforma que for considerada podendo o programa ser executado em diferentes sistemas, e esta característica é fundamental especialmente em cenários ubíquos onde os utilizadores fazem uso do sistema a partir de qualquer local e cada vez mais a partir de qualquer dispositivo (seja esse dispositivo um *smartphone*, um *tablet* um computador, etc).

## 4.3 Constituição e desenvolvimento da comunidade de agentes

A plataforma de desenvolvimento da comunidade de agentes que foi utilizada neste trabalho foi o JADE. Esta plataforma é uma ferramenta de desenvolvimento de software implementada na linguagem Java e permite o desenvolvimento de sistemas multi-agente que possam ser utilizados em várias máquinas (que podem nem ter o mesmo sistema operativo). Esta ferramenta simplifica o desenvolvimento de sistemas multi-agente de acordo com as especificações da FIPA [FIPA, 2005] e faz uso de ferramentas que suportam ambas as fases de depuração e distribuição.

O JADE inclui: um ambiente de execução onde todos os agentes que forem configurados vivem e realizam as suas ações; uma biblioteca de classes utilizadas para implementar os agentes; um conjunto de ferramentas gráficas que permitem uma fácil monitorização e gestão da atividade dos agentes em execução.

### 4.3.1 Recipientes e plataformas

Cada instância do ambiente de execução do JADE é designada por recipiente uma vez que pode conter vários agentes. Um conjunto de instâncias é designado como plataforma. Deverá sempre existir um recipiente principal ativo dentro de uma plataforma. Só depois de o recipiente principal ter sido ativado, os restantes recipientes poderão se registar dentro da mesma plataforma.

### 4.3.2 Sistema de gestão de agentes e facilitador de diretório

Além da habilidade para aceitar novos registros, o recipiente principal difere dos restantes recipientes na medida em que este incluiu dois agentes específicos que são iniciados mal o recipiente é ativado: sistema de gestão de agentes e facilitador de diretório.

O sistema de gestão de agentes fornece um serviço de nomeação de agentes de forma a que todos os agentes dentro da plataforma tenham um único nome e tem também a capacidade de criar e matar agentes localizados nos diversos recipientes da plataforma.

O facilitador do diretório fornece um serviço de consulta que permite aos restantes agentes facilmente encontrar outros agentes que possuam as capacidades para desempenhar tarefas que esses agentes necessitem.

### 4.3.3 Criação de agentes

Para a criação de um agente JADE, o primeiro passo passa por definir a classe com os comportamentos do agente. Essa classe deverá estender a classe `jade.core.Agent` e implementar o método `setup()`.

```
public class Participant extends jade.core.Agent {  
    protected void setup(){  
        //funções do agente  
    }  
}
```

Código 21 – Definição de uma classe de agente JADE

O método `setup()` inclui a inicialização do agente. As funções do agente serão desempenhadas dentro de “comportamentos” como será explicado em mais detalhe na secção 4.3.7 deste capítulo.

Através de uma instância do tipo `AgentController` é possível depois criar o agente, associar-lhe à classe definida, atribuir-lhe um identificador e passar-lhe argumentos (ver Código 21).

### 4.3.4 Identificador do agente

Cada agente possui um identificador que é uma instância da classe `jade.core.AID`. O objeto `AID` incluiu um nome global único assim como um conjunto de endereços no formato `<nome-agente>@<nome-plataforma>`. Os endereços pertencem à plataforma onde o agente está a ser executado e apenas são utilizados para comunicar com agentes que pertençam a plataformas diferentes.

### 4.3.5 Inicialização de um agente

Para iniciar a execução de um agente deverá ser utilizada uma instância da classe `AgentController` que controla as ações do agente. Além da criação do agente, esta classe permite outras ações como a inicialização, término, suspensão, etc. O método para iniciar o agente é o `start()`. O código seguinte demonstra a criação e inicialização de um agente JADE.

```
AgentController facAgt;  
Object[] facilitator = {problem, meeting};  
try{  
    facAgt = mc.createNewAgent("Facilitator", "entities.Facilitator",  
        facilitator);  
    facAgt.start();  
} catch (StaleProxyException ex){  
  
}
```

Código 22 – Criação e inicialização de um agente JADE

### 4.3.6 Passagem de variáveis

Um agente quando começa a execução, poderá ainda receber um conjunto de variáveis dentro de um array do tipo `Object` e através do método `getArguments()`. De seguida é apresentado um código de exemplo de utilização das variáveis que são enviadas na criação do agente.

```
String problemName;  
int numberParticipants;  
  
protected void setup(){  
    // obtém argumentos  
    Object[] args = getArguments();  
    if (args != null && args.length > 0){  
        problemName = args[0].getName();  
        numberParticipants = args[1].getNumberOfAgents();  
    } else{  
        System.out.println("Não especificou o tipo");  
    }  
  
}
```

Código 23 – Utilização de variáveis na criação do agente JADE

### 4.3.7 Comportamentos

Como já foi referido na secção 4.3.3, cada agente JADE poderá realizar um determinado conjunto de ações dentro de comportamentos. Cada comportamento representa uma tarefa a realizar pelo agente e é implementado como um objeto da classe `jade.core.behaviours.Behaviour`. Para o agente executar a tarefa deverá utilizar o método `addBehaviour()`.

Um agente pode executar vários comportamentos ao mesmo tempo, mas ao contrário do que acontece normalmente em cada *thread* em Java, o escalonamento de comportamentos é feito de uma forma cooperativa. Desta forma:

1. Existirá apenas uma *thread* por cada agente (o que pode ser importante em ambientes em que os recursos são limitados, tais como os smartphones);
2. A performance é aumentada uma vez que a troca de comportamentos acontece muito mais depressa do que a troca de *threads*;
3. Elimina qualquer tipo de problemas que poderiam acontecer a nível de sincronização com comportamentos paralelos a aceder aos meus recursos ao mesmo tempo;
4. Quando a troca de um comportamento acontece o estado do agente poderá ser gravado, para mais tarde ser resumido ou então transferido para outro recipiente.

O fluxograma apresentado na Figura representa o ciclo de vida de um agente JADE.

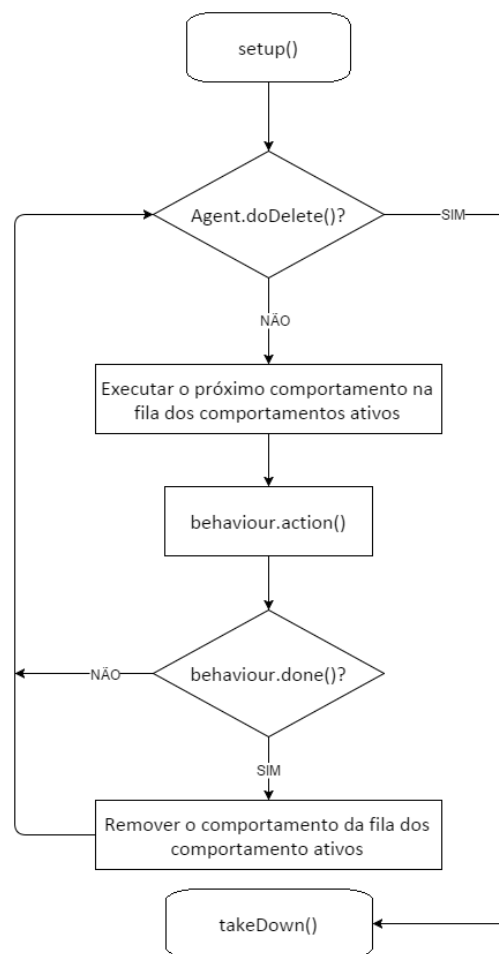


Figura 17 – Ciclo de vida de um agente JADE

Caso o agente realize todos os comportamentos disponíveis na fila dos comportamentos ativos e este não termine a sua execução, ficará então em modo de espera até que um comportamento fique de novo disponível.

#### 4.3.7.1 Tipos de comportamentos

Existem três tipos principais de comportamentos disponíveis para um agente JADE executar.

1. Comportamento “One-shot” – Comportamento que é completado imediatamente e cujo método `action()` é executado apenas uma única vez.
2. Comportamento cíclico – Comportamento que nunca é completado sendo o método `action()` executado sempre que o comportamento é chamado.
3. Comportamento genérico – Comportamento ao qual é associado um estado e que permite a que o comportamento realize operações diferentes consoante o estado em que é chamado.

#### 4.3.8 Troca de mensagens

As mensagens trocadas pelos agents JADE seguem um formato específico segundo as especificações da linguagem ACL e que engloba um determinado conjunto de componentes que são:

1. O agente emissor da mensagem;
2. A lista dos agentes recetores da mensagem;
3. A performativa que indica o objetivo da comunicação : REQUEST, INFORM, ACCEPT\_PROPOSAL, REFUSE\_PROPOSAL, etc;
4. O conteúdo da mensagem;
5. A linguagem do conteúdo
6. A ontologia que incluiu o vocabulário utilizados no conteúdo e o seu significado;
7. Outras variáveis que controlam conversas concorrentes e especificam tempos de espera para receber uma resposta como: conversation-id, reply-with, in-reply-to, reply-by.

##### 4.3.8.1 Envio de mensagens

O envio de uma mensagem é feito utilizando um objeto da classe `jade.lang.acl.ACLMessage` e especificando as componentes anteriormente apresentadas. O código 23 demonstra o envio

de uma mensagem de um agente participante a informar o agente facilitador que se encontra pronto para começar a reunião.

```
ACLMessage msg =new ACLMessage(ACLMessage.INFORM);
String fac = meeting.getFacilitator();
AID id =new AID();
id.setName(fac);
msg.addReceiver(id);
msg.setContent("ok");
send(msg2);
```

Código 24 – Envio de uma mensagem ACL

#### 4.3.8.2 Receção de mensagens

Um agente poderá ler mensagens existentes na fila de mensagens recebidas utilizando o método `blockingReceive()`. Este método devolve a primeira mensagem existente na fila (removendo a mensagem da fila). O código 24 demonstra o comportamento do agente facilitador ao receber mensagens que foram enviadas pelos agentes participantes de forma a pode começar a reunião

```
@Override
public void action(){
    ACLMessage msg = blockingReceive();
    if(msg.getPerformative() == ACLMessage.INFORM){
        if("ok".equals(msg.getContent())){
            if(!participantsReady.contains(msg.getSender().getName())){
                participantsReady.add(msg.getSender().getName());
                if(participantsReady.size() ==
                    meeting.getParticipantsList().size()){
                    BeginMeeting();
                }
            }
        }
    }
}
```

Código 25 – Receção de uma mensagem ACL

## 4.4 Modelo de aplicação

O sistema apresentado neste trabalho foi desenvolvido tendo em conta cenários ubíquos e como tal deverá permitir que os utilizadores possam usar o sistema a partir de qualquer lugar e a qualquer altura. De forma a poder suportar este tipo de situações foi definido um modelo de aplicação apresentado na Figura 18.

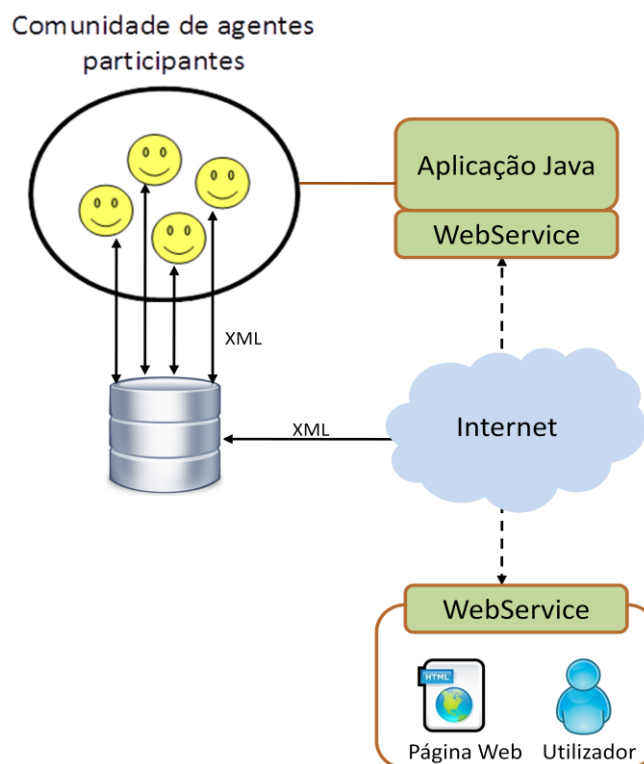


Figura 18 – Modelo de aplicação

As três componentes principais do sistema incluem a comunidade de agentes, a aplicação Java e a aplicação Web. O utilizador, independentemente de ser um decisor ou o organizador da reunião, utiliza uma página web que será o interface gráfico para comunicar com a aplicação Java. As configurações que forem feitas, tal como referido anteriormente serão gravadas em ficheiros no formato XML, que por sua vez serão armazenados numa base de dados. A comunidade de agentes é persistente, sendo a interação entre os agentes baseada nas configurações existentes nos ficheiros XML que estão armazenados na base de dados. A aplicação Java estará sempre em funcionamento e disponibilizará um conjunto de serviços aos quais a aplicação Web poderá aceder.

A ubiquidade é garantida a partir do momento em que se utiliza uma aplicação web para a interação entre o utilizador e o sistema. O utilizador poderá aceder à aplicação através da Internet a partir de qualquer lado e a qualquer altura e a partir de qualquer dispositivo com ligação à mesma (*smartphones, tablets, computador, etc.*).

## 4.5 Caso de estudo

O sistema desenvolvido para além de ter em conta os cenários ubíquos lida com problemas do tipo multi-critério, o que inclui a avaliação de critérios e alternativas. O caso de estudo apresentado neste trabalho irá envolver um problema do tipo multi-critério e os resultados obtidos irão permitir obter conclusões relativamente às hipóteses que foram assumidas.



#### 4.5.1 Definição do problema

A administração de uma faculdade verificou ser necessário fazer uma remodelação dos espaços interiores utilizados nas instalações do Departamento de Engenharia Informática ao nível da pavimentação, tendo sido recebidas várias reclamações relativas à qualidade precária da pavimentação atual por parte dos alunos a frequentar e a utilizar as referidas instalações.

Foram chamados a intervir no processo de tomada de decisão um conjunto de entidades que deverão encontrar uma solução. Cada entidade tem as suas preferências relativas aos critérios e alternativas consideradas. Além disso cada entidade poderá se comportar de uma determinada forma em situações de conflito de opinião podendo ter por isso um estilo de conflito.

Foi também decidido que o tipo de revestimento de chão a utilizar seria a madeira, sendo assim considerados os seguintes critérios de avaliação:

**Preço  $m^2$ :** Custo de peça por  $1m^2$  de área. Este critério é numérico e de minimização, o que significa que quanto menor for o preço mais vantajosa será a decisão.

**Tipo de Pavimentos:** Existem dois tipos de pavimentos de madeira:

1. **Flutuante:** Os pavimentos flutuantes são instalados sobre uma tela isolante, tendo a vantagem de ter custos de instalação baixos mas em contrapartida terem resistência inferior aos pavimentos maciços.
2. **Maciço:** Os pavimentos maciços são colados ou pregados ao chão consoante a sua espessura (colados para espessuras inferiores a 15mm e pregados para espessuras superiores a 15mm). Tem a vantagem de serem mais resistentes que os pavimentos flutuante mas em contrapartida estes têm um custo de instalação mais elevado.

**Resistência ao desgaste:** A classificação do pavimento relativamente à resistência de abrasão ou desgaste é feita em três níveis para a área comercial: **AC3** – Moderado; **AC4** – Normal; **AC5** – Alto. Este critério é de classificação.

**Resistência à humidade:** Capacidade do pavimento não expandir em contacto com a humidade. Este critério é booleano.

**Espessura:** A espessura das placas define a estabilidade do pavimento. Este critério é numérico.

**Cor:** Corresponde à cor visual apresentada pelo pavimento após a sua instalação. Este critério é de texto.

As instalações selecionadas para a remodelação da pavimentação são de seguida apresentadas assim como a respetiva área a cobrir:

## Salas de aula

Tabela 12 – Salas de aula e áreas respectivas

| Sala         | Área (m <sup>2</sup> ) |
|--------------|------------------------|
| S103         | 73                     |
| S105         | 73                     |
| S106         | 89                     |
| S107         | 73                     |
| S109         | 75                     |
| S110         | 25                     |
| <b>Total</b> | <b>408</b>             |

## Anfiteatros

Tabela 13 – Anfiteatros e áreas respectivas

| Anfiteatro   | Área (m <sup>2</sup> ) |
|--------------|------------------------|
| A201         | 72                     |
| A202         | 70                     |
| A203         | 52                     |
| A301         | 72                     |
| A303         | 52                     |
| A401         | 72                     |
| <b>Total</b> | <b>390</b>             |

## Laboratórios

Tabela 14 – Laboratórios e áreas respectivas

| Laboratório  | Área (m <sup>2</sup> ) | Laboratório | Área (m <sup>2</sup> ) |
|--------------|------------------------|-------------|------------------------|
| L204         | 52                     | B310        | 36                     |
| L205         | 52                     | B311        | 52                     |
| L206         | 52                     | B402        | 71                     |
| L207         | 56                     | B403        | 55                     |
| L208         | 52                     | B404        | 74                     |
| L209         | 56                     | B407        | 35                     |
| L306         | 52                     | B408        | 52                     |
| L309         | 52                     | B409        | 77                     |
| <b>Total</b> | <b>424</b>             |             | <b>452</b>             |

A área total abrangida por todas as instalações será  $408\text{m}^2 + 390\text{m}^2 + 876\text{m}^2 = 1674\text{m}^2$

## Alternativas

De seguida é apresentada na Tabela 15 a lista das alternativas de resolução do problema assim como os valores respetivos para cada critério considerado.

Tabela 15 – Salas de aula e áreas respetivas

| Alternativa                | Preço(€) | Tipo | R. Desgaste | R. Humidade | Espessura | Cor                    |
|----------------------------|----------|------|-------------|-------------|-----------|------------------------|
| Carvalho Americano         | 89,99 €  | 2    | AC5         | Não         | 19        | Carvalho               |
| Eucalipto Mogno            | 40,49€   | 2    | AC5         | Sim         | 14        | Eucalipto oleado mogno |
| Premium Carvalho Spoiled   | 16,99€   | 1    | AC5         | Sim         | 12        | Carvalho Claro         |
| Artens Castanheiro Coppery | 9,99€    | 1    | AC4         | Sim         | 8         | Castanho               |
| Aero Oak Moor              | 7,99€    | 1    | AC3         | Não         | 7         | Carvalho Cinzento      |
| Basic Carvalho             | 5,99     | 1    | AC4         | Não         | 7         | Carvalho               |

### 4.5.2 Intervenientes

No problema apresentado participaram 12 decisores sendo que as suas preferências relativas aos critérios e alternativas consideradas apresentadas nas Tabelas 16 e 17 respetivamente.

Tabela 16 – Preferências de critérios dos decisores

| Decisor    | Preço(€)  | Tipo      | R. Desgaste | R. Humidade | Espessura | Cor       |
|------------|-----------|-----------|-------------|-------------|-----------|-----------|
| Decisor 1  | 39        | 3         | 53          | <b>68</b>   | 47        | 44        |
| Decisor 2  | <b>93</b> | 39        | 90          | 26          | 72        | 43        |
| Decisor 3  | 54        | 51        | 13          | 41          | <b>85</b> | 39        |
| Decisor 4  | 48        | 1         | <b>87</b>   | 14          | 68        | 65        |
| Decisor 5  | 75        | 32        | 70          | 51          | <b>99</b> | 69        |
| Decisor 6  | 67        | 22        | <b>88</b>   | 62          | 52        | 11        |
| Decisor 7  | 8         | 1         | 62          | 14          | <b>82</b> | 33        |
| Decisor 8  | 76        | 21        | 3           | 35          | 19        | <b>84</b> |
| Decisor 9  | 64        | 70        | 43          | 39          | <b>72</b> | 64        |
| Decisor 10 | <b>77</b> | 49        | 31          | 25          | 40        | 36        |
| Decisor 11 | 57        | <b>83</b> | 34          | 21          | 23        | 71        |
| Decisor 12 | <b>83</b> | 38        | 46          | 5           | 62        | 56        |

Tabela 17 – Preferências de alternativas dos decisores

| Decisor    | Carvalho Americano | Eucalipto Mogno | Premium Carvalho Spoiled | Artens Castanheiro Coppery | Aero Oak Moor | Basic Carvalho |
|------------|--------------------|-----------------|--------------------------|----------------------------|---------------|----------------|
| Decisor 1  | 84                 | 73              | <b>90</b>                | 51                         | 74            | 50             |
| Decisor 2  | 48                 | 62              | 48                       | 40                         | 30            | <b>96</b>      |
| Decisor 3  | 40                 | 65              | 76                       | 50                         | <b>98</b>     | 83             |
| Decisor 4  | <b>84</b>          | 31              | 48                       | 30                         | 33            | 59             |
| Decisor 5  | 79                 | 56              | 30                       | <b>82</b>                  | 40            | 75             |
| Decisor 6  | 38                 | 49              | 67                       | <b>88</b>                  | 35            | 30             |
| Decisor 7  | <b>94</b>          | 40              | 43                       | 91                         | 53            | 90             |
| Decisor 8  | 44                 | 84              | 36                       | 51                         | <b>91</b>     | 30             |
| Decisor 9  | 29                 | 30              | 52                       | 25                         | 53            | <b>98</b>      |
| Decisor 10 | 31                 | 90              | 42                       | 71                         | <b>91</b>     | 71             |
| Decisor 11 | 40                 | 38              | 81                       | 76                         | <b>97</b>     | 58             |
| Decisor 12 | 48                 | 37              | 83                       | 46                         | <b>87</b>     | 30             |

De seguida serão expostas 2 experiências que foram realizadas sendo que em cada experiência participaram 12 agentes que representam os decisores mencionados durante o processo de tomada de decisão. Os resultados obtidos em cada experiência serão fundamentais para validar as hipóteses assumidas neste trabalho.

### 4.5.3 Experiências

#### 4.5.3.1 Experiência 1

A primeira experiência consistiu na realização de 10 simulações em 6 cenários possíveis, ambas com 12 agentes. Para cada cenário os agentes foram configurados com o mesmo estilo de conflito (dominador, integrador, comprometedor, obsequioso, fugitivo) e também foi analisado o cenário em que nenhum agente foi configurado com um estilo de conflito. Os resultados obtidos após 10 simulações em cada cenário foram os seguintes:

### Cenário 1 – Agentes sem estilo de conflito

Tabela 18 – Percentagens a favor de cada alternativa para o 1º cenário da 1ª experiência

| Simulação | Percentagem a favor C.A. | Percentagem a favor E.M. | Percentagem a favor P.C.S. | Percentagem a favor A.C. | Percentagem a favor A.O.M. | Percentagem a favor B.C. |
|-----------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|
| 1         | 0,33                     | 0                        | 0,42                       | 0,42                     | 0,5                        | 0,583                    |
| 2         | 0,33                     | 0                        | 0,42                       | 0,42                     | 0,5                        | 0,583                    |
| 3         | 0,33                     | 0                        | 0,42                       | 0,42                     | 0,5                        | 0,583                    |
| 4         | 0,33                     | 0                        | 0,42                       | 0,42                     | 0,5                        | 0,583                    |
| 5         | 0,33                     | 0                        | 0,42                       | 0,42                     | 0,5                        | 0,583                    |
| 6         | 0,33                     | 0                        | 0,42                       | 0,42                     | 0,5                        | 0,583                    |
| 7         | 0,33                     | 0                        | 0,42                       | 0,42                     | 0,5                        | 0,583                    |
| 8         | 0,33                     | 0                        | 0,42                       | 0,42                     | 0,5                        | 0,583                    |
| 9         | 0,33                     | 0                        | 0,42                       | 0,42                     | 0,5                        | 0,583                    |
| 10        | 0,33                     | 0                        | 0,42                       | 0,42                     | 0,5                        | 0,583                    |

Tabela 19 – Pedidos e argumentos trocados para o 1º cenário da 1ª experiência

| Simulação | Nº pedidos Trocados | Nº argumentos Trocados | Pedidos aceites sem argumento | Pedidos aceites arg. de I.P. | Pedidos aceites arg. de P.C. | Pedidos aceites arg. de B.S. |
|-----------|---------------------|------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1         | 366                 | 12                     | 15                            | 0                            | 0                            | 0                            |
| 2         | 413                 | 15                     | 15                            | 0                            | 0                            | 0                            |
| 3         | 316                 | 12                     | 15                            | 0                            | 0                            | 0                            |
| 4         | 408                 | 18                     | 15                            | 0                            | 0                            | 0                            |
| 5         | 368                 | 12                     | 15                            | 0                            | 0                            | 0                            |
| 6         | 397                 | 12                     | 15                            | 0                            | 0                            | 0                            |
| 7         | 396                 | 21                     | 15                            | 0                            | 0                            | 0                            |
| 8         | 382                 | 23                     | 15                            | 0                            | 0                            | 0                            |
| 9         | 320                 | 12                     | 15                            | 0                            | 0                            | 0                            |
| 10        | 385                 | 17                     | 15                            | 0                            | 0                            | 0                            |

Analisando os resultados apresentados na Tabela 18 é possível verificar que a alternativa preferida por mais apoiantes durante as 10 simulações realizadas foi sempre a alternativa “Basic Carvalho”. Apesar disso a percentagem a favor da mesma alternativa é relativamente baixa (7 agentes a favor em 12 totais).

Também é possível verificar através da Tabela 19 que os agentes apesar de terem sempre trocado argumentos em cada simulação estes nunca foram aceites. Os únicos pedidos aceites foram os que não utilizaram qualquer tipo de argumento.

## Cenário 2 – Agentes com estilo de conflito dominador

Tabela 20 – Percentagens a favor de cada alternativa para o 2º cenário da 1ª experiência

| Simulação | Percentagem a favor C.A. | Percentagem a favor E.M. | Percentagem a favor P.C.S. | Percentagem a favor A.C. | Percentagem a favor A.O.M. | Percentagem a favor B.C. |
|-----------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|
| 1         | 0,25                     | 0                        | 0,083                      | 0,25                     | 0,42                       | 0,17                     |
| 2         | 0,25                     | 0                        | 0,083                      | 0,25                     | 0,42                       | 0,17                     |
| 3         | 0,25                     | 0                        | 0,083                      | 0,25                     | 0,42                       | 0,17                     |
| 4         | 0,25                     | 0                        | 0,083                      | 0,25                     | 0,42                       | 0,17                     |
| 5         | 0,25                     | 0                        | 0,083                      | 0,25                     | 0,42                       | 0,17                     |
| 6         | 0,25                     | 0                        | 0,083                      | 0,25                     | 0,42                       | 0,17                     |
| 7         | 0,25                     | 0                        | 0,083                      | 0,25                     | 0,42                       | 0,17                     |
| 8         | 0,25                     | 0                        | 0,083                      | 0,25                     | 0,42                       | 0,17                     |
| 9         | 0,25                     | 0                        | 0,083                      | 0,25                     | 0,42                       | 0,17                     |
| 10        | 0,25                     | 0                        | 0,083                      | 0,25                     | 0,42                       | 0,17                     |

Tabela 21 – Pedidos e argumentos trocados para o 2º cenário da 1ª experiência

| Simulação | Nº pedidos Trocados | Nº argumentos Trocados | Pedidos aceites sem argumento | Pedidos aceites arg. de I.P. | Pedidos aceites arg. de P.C. | Pedidos aceites arg. de B.S. |
|-----------|---------------------|------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1         | 338                 | 9                      | 2                             | 0                            | 0                            | 0                            |
| 2         | 323                 | 13                     | 2                             | 0                            | 0                            | 0                            |
| 3         | 319                 | 9                      | 2                             | 0                            | 0                            | 0                            |
| 4         | 338                 | 9                      | 2                             | 0                            | 0                            | 0                            |
| 5         | 326                 | 8                      | 2                             | 0                            | 0                            | 0                            |
| 6         | 333                 | 13                     | 2                             | 0                            | 0                            | 0                            |
| 7         | 338                 | 11                     | 2                             | 0                            | 0                            | 0                            |
| 8         | 322                 | 12                     | 2                             | 0                            | 0                            | 0                            |
| 9         | 344                 | 10                     | 2                             | 0                            | 0                            | 0                            |
| 10        | 326                 | 15                     | 2                             | 0                            | 0                            | 0                            |

À semelhança do cenário anterior, no cenário em que todos os agentes foram configurados com um estilo dominador estes também não aceitaram pedidos que utilizassem argumentos, sendo apenas aceites pedidos sem argumento. Mesmo assim foram aceites ainda menos pedidos comparados com o cenário anterior (apenas 2 pedidos aceites em cada simulação) o que resultou em percentagens a favor de cada alternativa inferiores. Outra consequência da pouca aceitação de pedidos está relacionado com a alternativa com mais apoiantes em cada simulação ter sido sempre a alternativa “Aero Oak Moor”. Quando começou a discussão haviam 5 agentes a favor dessa alternativa (0,42%) e como praticamente não foram aceites

pedidos, essa alternativa acabou por ser a alternativa que conseguiu sempre o maior número de pessoas a favor após cada simulação.

Estes resultados já eram teoricamente esperados uma vez que o estilo dominador, em particular, foi o estilo de conflito identificado como o maior foco pelos objetivos individuais e o menor foco pelos objetivos coletivos, tendo também o índice de resistência à mudança mais alto. Por isso é muito mais difícil para qualquer agente configurado com este estilo de conflito aceitar uma opinião diferente da sua.

### Cenário 3 – Agentes com estilo de conflito integrador

Tabela 22 – Percentagens a favor de cada alternativa para o 3º cenário da 1ª experiência

| Simulação | Percentagem a favor C.A. | Percentagem a favor E.M. | Percentagem a favor P.C.S. | Percentagem a favor A.C. | Percentagem a favor A.O.M. | Percentagem a favor B.C. |
|-----------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|
| 1         | 0,33                     | 0                        | 0,083                      | 0,25                     | 0,5                        | 0,75                     |
| 2         | 0,33                     | 0                        | 0,083                      | 0,25                     | 0,5                        | 0,75                     |
| 3         | 0,33                     | 0                        | 0,083                      | 0,25                     | 0,5                        | 0,75                     |
| 4         | 0,33                     | 0                        | 0,17                       | 0,25                     | 0,5                        | 0,75                     |
| 5         | 0,33                     | 0                        | 0,083                      | 0,25                     | 0,5                        | 0,75                     |
| 6         | 0,33                     | 0                        | 0,083                      | 0,25                     | 0,5                        | 0,75                     |
| 7         | 0,33                     | 0                        | 0,083                      | 0,25                     | 0,5                        | 0,75                     |
| 8         | 0,33                     | 0                        | 0,083                      | 0,25                     | 0,5                        | 0,75                     |
| 9         | 0,33                     | 0                        | 0,17                       | 0,25                     | 0,5                        | 0,75                     |
| 10        | 0,33                     | 0                        | 0,083                      | 0,25                     | 0,5                        | 0,75                     |

Tabela 23 – Pedidos e argumentos trocados para o 3º cenário da 1ª experiência

| Simulação | Nº pedidos Trocados | Nº argumentos Trocados | Pedidos aceites sem argumento | Pedidos aceites arg. de I.P. | Pedidos aceites arg. de P.C. | Pedidos aceites arg. de B.S. |
|-----------|---------------------|------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1         | 524                 | 30                     | 8                             | 1                            | 2                            | 0                            |
| 2         | 485                 | 34                     | 8                             | 1                            | 2                            | 0                            |
| 3         | 406                 | 28                     | 8                             | 1                            | 2                            | 0                            |
| 4         | 412                 | 34                     | 9                             | 1                            | 2                            | 0                            |
| 5         | 471                 | 28                     | 8                             | 1                            | 2                            | 0                            |
| 6         | 541                 | 36                     | 8                             | 1                            | 2                            | 0                            |
| 7         | 516                 | 43                     | 8                             | 1                            | 2                            | 0                            |
| 8         | 484                 | 31                     | 8                             | 1                            | 2                            | 0                            |
| 9         | 410                 | 30                     | 9                             | 1                            | 2                            | 0                            |
| 10        | 498                 | 41                     | 8                             | 1                            | 2                            | 0                            |

Olhando para os resultados, desde logo é possível verificar através da Tabela 23 que o número de argumentos trocados neste cenário foi claramente superior ao número de argumentos

trocados nos cenários 1 e 2. Também é possível verificar que neste cenário já foram aceites pedidos que utilizaram argumentos a apelar tanto ao interesse próprio como a práticas comuns. O terceiro tipo de argumento nunca foi enviado porque nunca houve uma situação em que apenas um agente preferisse uma alternativa sendo que esse mesmo agente também não preferisse mais nenhuma outra alternativa apoiada por mais participantes.

As percentagens obtidas a favor de cada alternativa no cenário 3 foram superiores às percentagens obtidas no cenário 1 e 2. À semelhança do que se verificou no cenário 1 a alternativa preferida por mais agentes foi a alternativa “Basic Carvalho” mas para este cenário em todas as simulações realizadas a percentagem foi também superior (9 agentes a favor em 12 totais).

#### Cenário 4 – Agentes com estilo de conflito comprometedor

Tabela 24 – Percentagens a favor de cada alternativa para o 4º cenário da 1ª experiência

| Simulação | Percentagem a favor C.A. | Percentagem a favor E.M. | Percentagem a favor P.C.S. | Percentagem a favor A.C. | Percentagem a favor A.O.M. | Percentagem a favor B.C. |
|-----------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|
| 1         | 0,33                     | 0                        | 0,083                      | 0,25                     | 0,5                        | 0,75                     |
| 2         | 0,33                     | 0                        | 0,083                      | 0,25                     | 0,5                        | 0,75                     |
| 3         | 0,33                     | 0                        | 0,083                      | 0,25                     | 0,5                        | 0,75                     |
| 4         | 0,33                     | 0                        | 0,17                       | 0,25                     | 0,5                        | 0,67                     |
| 5         | 0,33                     | 0                        | 0,25                       | 0,25                     | 0,5                        | 0,75                     |
| 6         | 0,33                     | 0                        | 0,17                       | 0,25                     | 0,5                        | 0,75                     |
| 7         | 0,33                     | 0                        | 0,083                      | 0,25                     | 0,5                        | 0,75                     |
| 8         | 0,33                     | 0                        | 0,083                      | 0,25                     | 0,5                        | 0,75                     |
| 9         | 0,33                     | 0                        | 0,083                      | 0,25                     | 0,5                        | 0,75                     |
| 10        | 0,33                     | 0                        | 0,083                      | 0,25                     | 0,5                        | 0,75                     |

Tabela 25 – Pedidos e argumentos trocados para o 4º cenário da 1ª experiência

| Simulação | Nº pedidos Trocados | Nº argumentos Trocados | Pedidos aceites sem argumento | Pedidos aceites arg. de I.P. | Pedidos aceites arg. de P.C. | Pedidos aceites arg. de B.S. |
|-----------|---------------------|------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1         | 528                 | 38                     | 8                             | 1                            | 2                            | 0                            |
| 2         | 534                 | 40                     | 8                             | 1                            | 2                            | 0                            |
| 3         | 441                 | 32                     | 8                             | 1                            | 2                            | 0                            |
| 4         | 360                 | 19                     | 9                             | 1                            | 1                            | 0                            |
| 5         | 547                 | 43                     | 9                             | 2                            | 2                            | 0                            |
| 6         | 421                 | 35                     | 9                             | 1                            | 2                            | 0                            |
| 7         | 500                 | 37                     | 8                             | 1                            | 2                            | 0                            |
| 8         | 468                 | 40                     | 8                             | 1                            | 2                            | 0                            |
| 9         | 523                 | 49                     | 8                             | 1                            | 2                            | 0                            |
| 10        | 518                 | 32                     | 8                             | 1                            | 1                            | 1                            |



Os resultados obtidos no cenário 4 são muito idênticos aos resultados obtidos no cenário 3 e é fácil perceber porquê. Tanto o estilo de conflito comprometedor como integrador dão uma importância semelhante aos interesses do próprio e aos interesses dos outros (2 e 2, 3 e 3 respetivamente). Por essa razão a alternativa preferida por mais utilizadores é a mesma e as percentagens a favor dessa alternativa também são idênticas (com exceção da simulação 4 que foi apoiada apenas por 8 agentes em 12 totais).

#### **Cenário 5 – Agentes com estilo de conflito obsequioso**

Tabela 26 – Percentagens a favor de cada alternativa para o 5º cenário da 1ª experiência

| Simulação | Percentagem a favor C.A. | Percentagem a favor E.M. | Percentagem a favor P.C.S. | Percentagem a favor A.C. | Percentagem a favor A.O.M. | Percentagem a favor B.C. |
|-----------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|
| 1         | 0,33                     | 0                        | 0,33                       | 0,25                     | 0,5                        | 1                        |
| 2         | 0,33                     | 0                        | 0,16                       | 0,25                     | 0,5                        | 1                        |
| 3         | 0,33                     | 0                        | 0,33                       | 0,25                     | 0,5                        | 1                        |
| 4         | 0,33                     | 0                        | 0,25                       | 0,25                     | 0,5                        | 1                        |
| 5         | 0,33                     | 0                        | 0,25                       | 0,25                     | 0,5                        | 1                        |
| 6         | 0,33                     | 0                        | 0,42                       | 0,25                     | 0,5                        | 1                        |
| 7         | 0,33                     | 0                        | 0,083                      | 0,25                     | 0,5                        | 1                        |
| 8         | 0,17                     | 0                        | 0,083                      | 0,17                     | 0,42                       | 1                        |
| 9         | 0,33                     | 0                        | 0,42                       | 0,25                     | 0,5                        | 1                        |
| 10        | 0,33                     | 0                        | 0,083                      | 0,25                     | 0,5                        | 1                        |

Tabela 27 – Pedidos e argumentos trocados para o 5º cenário da 1ª experiência

| Simulação | Nº pedidos Trocados | Nº argumentos Trocados | Pedidos aceites sem argumento | Pedidos aceites arg. de I.P. | Pedidos aceites arg. de P.C. | Pedidos aceites arg. de B.S. |
|-----------|---------------------|------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1         | 393                 | 18                     | 11                            | 2                            | 4                            | 0                            |
| 2         | 422                 | 21                     | 8                             | 2                            | 5                            | 0                            |
| 3         | 468                 | 25                     | 10                            | 2                            | 5                            | 0                            |
| 4         | 441                 | 19                     | 9                             | 2                            | 5                            | 0                            |
| 5         | 457                 | 23                     | 9                             | 2                            | 5                            | 0                            |
| 6         | 434                 | 20                     | 11                            | 2                            | 5                            | 0                            |
| 7         | 410                 | 9                      | 9                             | 0                            | 5                            | 0                            |
| 8         | 168                 | 8                      | 6                             | 0                            | 4                            | 0                            |
| 9         | 478                 | 23                     | 11                            | 2                            | 5                            | 0                            |
| 10        | 414                 | 21                     | 9                             | 1                            | 4                            | 0                            |

Analisando os resultados obtidos é possível verificar através da tabela 26 que contrariamente aos cenários anteriores, no cenário 5 já foi possível que os agentes conseguissem atingir um consenso em todas as simulações realizadas a favor da alternativa “Basic Carvalho”. Além disso e devido ao facto de o estilo obsequioso ser um estilo com um grande foco nos

interesses coletivos, e com um índice de resistência à mudança baixo, os agentes com este estilo aceitaram com muito mais facilidade os pedidos que foram enviados o que resultou numa troca de argumentos inferior comparada com os estilos comprometedor e integrador que obtiveram também percentagens altas. Estes dados favorecem a hipótese inicialmente suposta em que o número de argumentos trocados não é proporcional ao nível de consenso. Foi possível verificar situações em que os agentes obsequiosos nem sequer trocaram 10 pedidos de argumentos e foi possível atingir-se um consenso, enquanto que os agentes integradores e comprometedores apesar de em algumas situações terem trocado mais de 40 argumentos nunca conseguiram chegar a um consenso.

#### Cenário 6 – Agentes com estilo de conflito fugitivo

Tabela 28 – Percentagens a favor de cada alternativa para o 6º cenário da 1ª experiência

| Simulação | Percentagem a favor C.A. | Percentagem a favor E.M. | Percentagem a favor P.C.S. | Percentagem a favor A.C. | Percentagem a favor A.O.M. | Percentagem a favor B.C. |
|-----------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|
| 1         | 0,33                     | 0                        | 0,25                       | 0,25                     | 1                          | 0,42                     |
| 2         | 0,33                     | 0                        | 0,25                       | 0,42                     | 0,67                       | 1                        |
| 3         | 0,33                     | 0                        | 0,083                      | 0,25                     | 1                          | 0,92                     |
| 4         | 0,33                     | 0                        | 0,33                       | 0,42                     | 1                          | 0,583                    |
| 5         | 0,33                     | 0                        | 0,083                      | 0,17                     | 1                          | 0,33                     |
| 6         | 0,33                     | 0                        | 0,25                       | 0,41                     | 0,66                       | 1                        |
| 7         | 0,33                     | 0                        | 0,25                       | 0,42                     | 1                          | 0,92                     |
| 8         | 0,33                     | 0                        | 0,33                       | 0,42                     | 1                          | 0,583                    |
| 9         | 0,33                     | 0                        | 0,25                       | 0,42                     | 0,92                       | 1                        |
| 10        | 0,17                     | 0                        | 0,083                      | 0,25                     | 5                          | 1                        |

Tabela 29 – Pedidos e argumentos trocados para o 6º cenário da 1ª experiência

| Simulação | Nº pedidos Trocados | Nº argumentos Trocados | Pedidos aceites sem argumento | Pedidos aceites arg. de I.P. | Pedidos aceites arg. de P.C. | Pedidos aceites arg. de B.S. |
|-----------|---------------------|------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1         | 318                 | 34                     | 9                             | 2                            | 4                            | 0                            |
| 2         | 512                 | 22                     | 15                            | 2                            | 2                            | 1                            |
| 3         | 437                 | 42                     | 10                            | 1                            | 8                            | 0                            |
| 4         | 491                 | 45                     | 15                            | 2                            | 3                            | 0                            |
| 5         | 292                 | 22                     | 7                             | 0                            | 3                            | 1                            |
| 6         | 501                 | 24                     | 13                            | 2                            | 5                            | 0                            |
| 7         | 457                 | 45                     | 14                            | 2                            | 7                            | 0                            |
| 8         | 513                 | 34                     | 15                            | 2                            | 3                            | 0                            |
| 9         | 469                 | 49                     | 15                            | 1                            | 7                            | 0                            |
| 10        | 261                 | 14                     | 7                             | 0                            | 5                            | 0                            |

Para o último cenário observado nesta experiência também foi possível verificar que os agentes fugitivos também atingiram sempre um consenso. Apesar disso este consenso não foi sempre a favor da mesma alternativa. Em algumas simulações foi aceite a alternativa “Basic Carvalho”, noutras situações foi aceite a alternativa “Aero Oak Moor”. Estes resultados podem mais uma vez serem explicados tendo em conta a definição do estilo de conflito. Os agentes fugitivos como não estão tão preocupados com pormenores mas sim mais focados em resolver o problema o mais depressa possível acabam a aceitar às vezes uma solução, outras vezes outra.

#### 4.5.3.2 Experiência 2

A segunda experiência consistiu na realização de 10 simulações em 4 cenários possíveis, ambas com 12 agentes, sendo que para cada cenário os agentes foram configurados com estilos de conflito aleatórios.

##### **Cenário 1**

No primeiro cenário foram selecionados aleatoriamente os seguintes estilos de conflito para cada um dos decisores considerados no presente caso de estudo:

Tabela 30 – Estilos de conflito selecionados para o 1º cenário da 2ª experiência

| <b>Decisor</b> | <b>Estilo de conflito</b> | <b>Decisor</b> | <b>Estilo de conflito</b> |
|----------------|---------------------------|----------------|---------------------------|
| Decisor 1      | Integrador                | Decisor 7      | Obsequioso                |
| Decisor 2      | Dominador                 | Decisor 8      | Integrador                |
| Decisor 3      | Obsequioso                | Decisor 9      | Comprometedor             |
| Decisor 4      | Dominador                 | Decisor 10     | Integrador                |
| Decisor 5      | Obsequioso                | Decisor 11     | Dominador                 |
| Decisor 6      | Obsequioso                | Decisor 12     | Comprometedor             |

Os resultados obtidos foram os seguintes:

Tabela 31 – Percentagens a favor de cada alternativa para o 1º cenário da 2ª experiência

| Simulação | Percentagem a favor C.A. | Percentagem a favor E.M. | Percentagem a favor P.C.S. | Percentagem a favor A.C. | Percentagem a favor A.O.M. | Percentagem a favor B.C. |
|-----------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|
| 1         | 0,33                     | 0                        | 0,25                       | 0,25                     | 0,5                        | 0,5                      |
| 2         | 0,33                     | 0                        | 0,25                       | 0,25                     | 0,5                        | 0,5                      |
| 3         | 0,33                     | 0                        | 0,25                       | 0,25                     | 0,5                        | 0,5                      |
| 4         | 0,33                     | 0                        | 0,25                       | 0,25                     | 0,5                        | 0,5                      |
| 5         | 0,33                     | 0                        | 0,25                       | 0,25                     | 0,5                        | 0,5                      |
| 6         | 0,33                     | 0                        | 0,25                       | 0,25                     | 0,5                        | 0,5                      |
| 7         | 0,33                     | 0                        | 0,25                       | 0,25                     | 0,5                        | 0,5                      |
| 8         | 0,33                     | 0                        | 0,25                       | 0,25                     | 0,5                        | 0,5                      |
| 9         | 0,33                     | 0                        | 0,25                       | 0,25                     | 0,5                        | 0,5                      |
| 10        | 0,33                     | 0                        | 0,25                       | 0,25                     | 0,5                        | 0,5                      |

Tabela 32 – Pedidos e argumentos trocados para o 1º cenário da 2ª experiência

| Simulação | Nº pedidos Trocados | Nº argumentos Trocados | Pedidos aceites sem argumento | Pedidos aceites arg. de I.P. | Pedidos aceites arg. de P.C. | Pedidos aceites arg. de B.S. |
|-----------|---------------------|------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1         | 453                 | 15                     | 8                             | 2                            | 0                            | 0                            |
| 2         | 447                 | 11                     | 8                             | 2                            | 0                            | 0                            |
| 3         | 419                 | 15                     | 8                             | 2                            | 0                            | 0                            |
| 4         | 418                 | 17                     | 8                             | 2                            | 0                            | 0                            |
| 5         | 474                 | 13                     | 8                             | 2                            | 0                            | 0                            |
| 6         | 376                 | 10                     | 8                             | 2                            | 0                            | 0                            |
| 7         | 335                 | 12                     | 8                             | 2                            | 0                            | 0                            |
| 8         | 483                 | 16                     | 8                             | 2                            | 0                            | 0                            |
| 9         | 427                 | 20                     | 8                             | 2                            | 0                            | 0                            |
| 10        | 462                 | 17                     | 8                             | 2                            | 0                            | 0                            |

No cenário 1 é possível observar que para as simulações realizadas, as alternativas preferidas por mais agentes foram mais uma vez as alternativas “Basic Carvalho” e “Aero Oak Moor”. Além disso, em todas as simulações realizadas nenhuma alternativa foi preferida por mais de metade do número total de agentes e por consequência o argumento de apelo a práticas comuns nunca foi utilizado.

## Cenário 2

No segundo cenário foram selecionados aleatoriamente os seguintes estilos de conflito para cada um dos decisores considerados no presente caso de estudo:

Tabela 33 – Estilos de conflito selecionados para o 2º cenário da 2ª experiência

| Decisor   | Estilo de conflito | Decisor    | Estilo de conflito |
|-----------|--------------------|------------|--------------------|
| Decisor 1 | Obsequioso         | Decisor 7  | Dominador          |
| Decisor 2 | Fugitivo           | Decisor 8  | Dominador          |
| Decisor 3 | Obsequioso         | Decisor 9  | Integrador         |
| Decisor 4 | Comprometedor      | Decisor 10 | Integrador         |
| Decisor 5 | Fugitivo           | Decisor 11 | Fugitivo           |
| Decisor 6 | Obsequioso         | Decisor 12 | Comprometedor      |

Os resultados obtidos foram os seguintes:

Tabela 34 – Percentagens a favor de cada alternativa para o 2º cenário da 2ª experiência

| Simulação | Percentagem a favor C.A. | Percentagem a favor E.M. | Percentagem a favor P.C.S. | Percentagem a favor A.C. | Percentagem a favor A.O.M. | Percentagem a favor B.C. |
|-----------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|
| 1         | 0,33                     | 0                        | 0,25                       | 0,33                     | 0,83                       | 0,83                     |
| 2         | 0,33                     | 0                        | 0,25                       | 0,33                     | 0,83                       | 0,83                     |
| 3         | 0,33                     | 0                        | 0,25                       | 0,33                     | 0,83                       | 0,83                     |
| 4         | 0,33                     | 0                        | 0,25                       | 0,33                     | 0,83                       | 0,83                     |
| 5         | 0,33                     | 0                        | 0,33                       | 0,33                     | 0,83                       | 0,83                     |
| 6         | 0,33                     | 0                        | 0,25                       | 0,33                     | 0,83                       | 0,83                     |
| 7         | 0,33                     | 0                        | 0,33                       | 0,33                     | 0,83                       | 0,83                     |
| 8         | 0,33                     | 0                        | 0,25                       | 0,33                     | 0,83                       | 0,83                     |
| 9         | 0,33                     | 0                        | 0,25                       | 0,33                     | 0,83                       | 0,83                     |
| 10        | 0,33                     | 0                        | 0,33                       | 0,33                     | 0,83                       | 0,83                     |

Tabela 35 – Pedidos e argumentos trocados para o 2º cenário da 2ª experiência

| Simulação | Nº pedidos Trocados | Nº argumentos Trocados | Pedidos aceites sem argumento | Pedidos aceites arg. de I.P. | Pedidos aceites arg. de P.C. | Pedidos aceites arg. de B.S. |
|-----------|---------------------|------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1         | 576                 | 67                     | 12                            | 2                            | 5                            | 0                            |
| 2         | 703                 | 71                     | 12                            | 2                            | 5                            | 0                            |
| 3         | 642                 | 68                     | 12                            | 2                            | 5                            | 0                            |
| 4         | 673                 | 75                     | 12                            | 2                            | 5                            | 0                            |
| 5         | 708                 | 81                     | 12                            | 2                            | 6                            | 0                            |
| 6         | 655                 | 69                     | 12                            | 2                            | 5                            | 0                            |
| 7         | 638                 | 88                     | 13                            | 2                            | 5                            | 0                            |
| 8         | 677                 | 74                     | 12                            | 2                            | 5                            | 0                            |
| 9         | 721                 | 82                     | 12                            | 2                            | 5                            | 0                            |
| 10        | 704                 | 82                     | 13                            | 2                            | 5                            | 0                            |

No cenário 2 é possível desde logo constatar que o número de agentes obsequiosos e fugitivos é claramente superior comparado com o mesmo tipo de agentes no cenário 1. Por

essa razão e tendo em conta os resultados obtidos na experiência anterior, seria então expectável que a alternativa apoiada por mais agentes após cada simulação tivesse também mais apoiantes neste cenário. Tal foi verificado sendo que a percentagem a favor de tanto “Basic Carvalho” como “Aero Oak Moor” após cada simulação correspondeu a 10 agentes em 12 totais.

### Cenário 3

No terceiro cenário foram seleccionados aleatoriamente os seguintes estilos de conflito para cada um dos decisores considerados no presente caso de estudo:

Tabela 36 – Estilos de conflito seleccionados para o 3º cenário da 2ª experiência

| Decisor   | Estilo de conflito | Decisor    | Estilo de conflito |
|-----------|--------------------|------------|--------------------|
| Decisor 1 | Fugitivo           | Decisor 7  | Obsequioso         |
| Decisor 2 | Obsequioso         | Decisor 8  | Integrador         |
| Decisor 3 | Dominador          | Decisor 9  | Fugitivo           |
| Decisor 4 | Fugitivo           | Decisor 10 | Dominador          |
| Decisor 5 | Fugitivo           | Decisor 11 | Integrador         |
| Decisor 6 | Fugitivo           | Decisor 12 | Obsequioso         |

Os resultados obtidos foram os seguintes:

Tabela 37 – Percentagens a favor de cada alternativa para o 3º cenário da 2ª experiência

| Simulação | Percentagem a favor C.A. | Percentagem a favor E.M. | Percentagem a favor P.C.S. | Percentagem a favor A.C. | Percentagem a favor A.O.M. | Percentagem a favor B.C. |
|-----------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|
| 1         | 0,17                     | 0                        | 0,083                      | 0,17                     | 1                          | 0,17                     |
| 2         | 0,33                     | 0                        | 0,083                      | 0,25                     | 1                          | 0,33                     |
| 3         | 0,25                     | 0                        | 0,083                      | 0,17                     | 1                          | 0,17                     |
| 4         | 0,33                     | 0                        | 0,17                       | 0,25                     | 1                          | 0,33                     |
| 5         | 0,33                     | 0                        | 0,083                      | 0,25                     | 1                          | 0,33                     |
| 6         | 0,33                     | 0                        | 0,25                       | 0,25                     | 1                          | 0,42                     |
| 7         | 0,33                     | 0                        | 0,25                       | 0,25                     | 1                          | 0,33                     |
| 8         | 0,33                     | 0                        | 0,25                       | 0,25                     | 1                          | 0,33                     |
| 9         | 0,33                     | 0                        | 0,17                       | 0,25                     | 1                          | 0,33                     |
| 10        | 0,33                     | 0                        | 0,083                      | 0,25                     | 1                          | 0,33                     |

Tabela 38 – Pedidos e argumentos trocados para o 3º cenário da 2ª experiência

| Simulação | Nº pedidos Trocados | Nº argumentos Trocados | Pedidos aceites sem argumento | Pedidos aceites arg. de I.P. | Pedidos aceites arg. de P.C. | Pedidos aceites arg. de B.S. |
|-----------|---------------------|------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1         | 268                 | 9                      | 2                             | 0                            | 5                            | 0                            |
| 2         | 382                 | 13                     | 7                             | 0                            | 5                            | 0                            |
| 3         | 330                 | 35                     | 3                             | 0                            | 4                            | 1                            |
| 4         | 346                 | 31                     | 8                             | 0                            | 5                            | 0                            |
| 5         | 311                 | 22                     | 7                             | 0                            | 5                            | 0                            |
| 6         | 400                 | 15                     | 9                             | 1                            | 5                            | 0                            |
| 7         | 400                 | 14                     | 8                             | 1                            | 5                            | 0                            |
| 8         | 361                 | 20                     | 8                             | 1                            | 5                            | 0                            |
| 9         | 322                 | 14                     | 7                             | 1                            | 5                            | 0                            |
| 10        | 329                 | 15                     | 7                             | 0                            | 5                            | 0                            |

No cenário 3 o número de agentes obsequiosos e fugitivos foi ainda superior e por consequência a alternativa com mais gentes a favor após cada simulação, conseguiu ainda mais apoiantes sendo sempre atingido um consenso a favor da alternativa “Aero Oak Moor”. Tal aconteceu devido ao facto de todos os agentes dominadores e integradores preferirem de início essa alternativa e foi muito mais fácil depois para estes agentes convencerem os agentes obsequiosos e fugitivos, que tinham preferências diferentes, a aceitar esta alternativa.

Também é possível verificar olhando para os resultados apresentados na Tabela 38, simulações em que se trocam menos de 15 argumentos e simulações em que se trocam o dobro ou até mais argumentos e em todos os casos chegou-se sempre a um consenso. Tais dados voltam a reforçar a hipótese inicialmente suposta do número de argumentos trocados não ser proporcional ao nível de consenso.

#### Cenário 4

No quarto cenário foram seleccionados aleatoriamente os seguintes estilos de conflito para cada um dos decisores considerados no presente caso de estudo:

Tabela 39 – Estilos de conflito seleccionados para o 4º cenário da 2ª experiência

| Decisor   | Estilo de conflito | Decisor    | Estilo de conflito |
|-----------|--------------------|------------|--------------------|
| Decisor 1 | Dominador          | Decisor 7  | Integrador         |
| Decisor 2 | Comprometedor      | Decisor 8  | Obsequioso         |
| Decisor 3 | Dominador          | Decisor 9  | Integrador         |
| Decisor 4 | Dominador          | Decisor 10 | Integrador         |
| Decisor 5 | Dominador          | Decisor 11 | Dominador          |
| Decisor 6 | Comprometedor      | Decisor 12 | Fugitivo           |

Os resultados obtidos foram os seguintes:

Tabela 40 – Percentagens a favor de cada alternativa para o 4º cenário da 2ª experiência

| Simulação | Percentagem a favor C.A. | Percentagem a favor E.M. | Percentagem a favor P.C.S. | Percentagem a favor A.C. | Percentagem a favor A.O.M. | Percentagem a favor B.C. |
|-----------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|
| 1         | 0,25                     | 0                        | 0,083                      | 0,25                     | 0,42                       | 0,33                     |
| 2         | 0,25                     | 0                        | 0,083                      | 0,25                     | 0,42                       | 0,33                     |
| 3         | 0,25                     | 0                        | 0,083                      | 0,25                     | 0,42                       | 0,33                     |
| 4         | 0,25                     | 0                        | 0,25                       | 0,25                     | 0,42                       | 0,33                     |
| 5         | 0,25                     | 0                        | 0,083                      | 0,25                     | 0,42                       | 0,33                     |
| 6         | 0,25                     | 0                        | 0,083                      | 0,25                     | 0,42                       | 0,33                     |
| 7         | 0,25                     | 0                        | 0,083                      | 0,25                     | 0,42                       | 0,33                     |
| 8         | 0,25                     | 0                        | 0,083                      | 0,25                     | 0,42                       | 0,33                     |
| 9         | 0,25                     | 0                        | 0,083                      | 0,25                     | 0,42                       | 0,33                     |
| 10        | 0,25                     | 0                        | 0,17                       | 0,25                     | 0,42                       | 0,33                     |

Tabela 41 – Pedidos e argumentos trocados para o 4º cenário da 2ª experiência

| Simulação | Nº pedidos Trocados | Nº argumentos Trocados | Pedidos aceites sem argumento | Pedidos aceites arg. De I.P. | Pedidos aceites arg. De P.C. | Pedidos aceites arg. De B.S. |
|-----------|---------------------|------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1         | 355                 | 11                     | 3                             | 1                            | 0                            | 0                            |
| 2         | 383                 | 10                     | 3                             | 1                            | 0                            | 0                            |
| 3         | 380                 | 17                     | 3                             | 1                            | 0                            | 0                            |
| 4         | 391                 | 10                     | 4                             | 2                            | 0                            | 0                            |
| 5         | 323                 | 14                     | 3                             | 1                            | 0                            | 0                            |
| 6         | 340                 | 16                     | 3                             | 1                            | 0                            | 0                            |
| 7         | 367                 | 18                     | 3                             | 1                            | 0                            | 0                            |
| 8         | 348                 | 14                     | 3                             | 1                            | 0                            | 0                            |
| 9         | 372                 | 20                     | 3                             | 1                            | 0                            | 0                            |
| 10        | 398                 | 10                     | 4                             | 1                            | 0                            | 0                            |

No cenário 4 o estilo de conflito predominante entre os estilos selecionados é o estilo “Dominador” e tendo em conta os resultados obtidos na primeira experiência para este estilo seria de esperar que após cada simulação, a alternativa com mais apoiantes fosse apoiada na mesma por poucos participantes. Isso foi verificado com os dados apresentados na Tabela 40. A alternativa “Aero Oak Moor” tal como tinha acontecido no segundo cenário da primeira experiência foi a alternativa apoiada por mais participantes (5 agentes em 12 totais) e tal apenas aconteceu devido às configurações das preferências iniciais desses agentes, sendo essa alternativa apoiada de início por 5 agentes.



#### 4.5.4 Análise e Discussão dos resultados

Após a realização das duas experiências sobre o caso de estudo e tendo em conta os resultados obtidos, facilmente é possível tomar várias conclusões.

Analisando com mais detalhe a primeira experiência e o número de argumentos trocados por cada agente em cada simulação, como apresentado na Figura 19, foi possível concluir que:

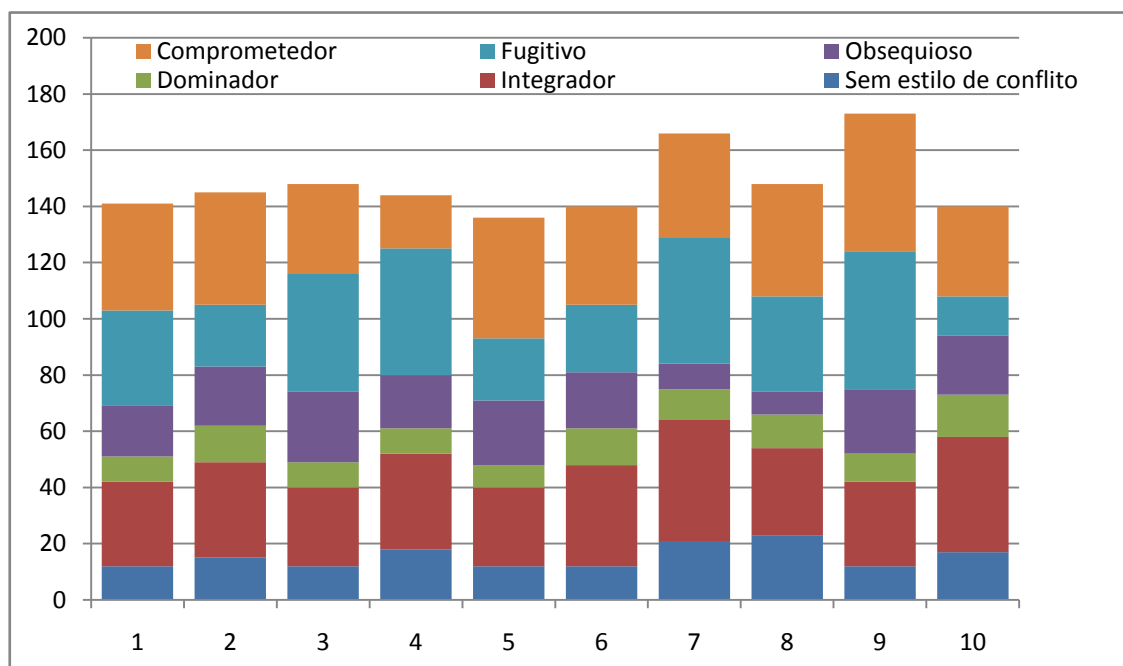


Figura 19 – Número de argumentos trocados na 1ª experiência

1. Os agentes com estilos de conflito que trocaram mais argumentos ao longo de cada simulação foram, pela seguinte ordem, os agentes com os estilos comprometedor, integrador e fugitivo;
2. Os agentes com estilos de conflito que trocaram menos argumentos ao longo de cada simulação foram, pela seguinte ordem, os agentes com os estilos dominador e obsequioso;
3. Os agentes sem estilo de conflito também trocaram poucos argumentos ao longo de cada simulação à semelhança dos agentes dominadores e obsequiosos.

Para perceber o porquê destes resultados é preciso analisar com mais detalhe os pedidos com argumento que são trocados:

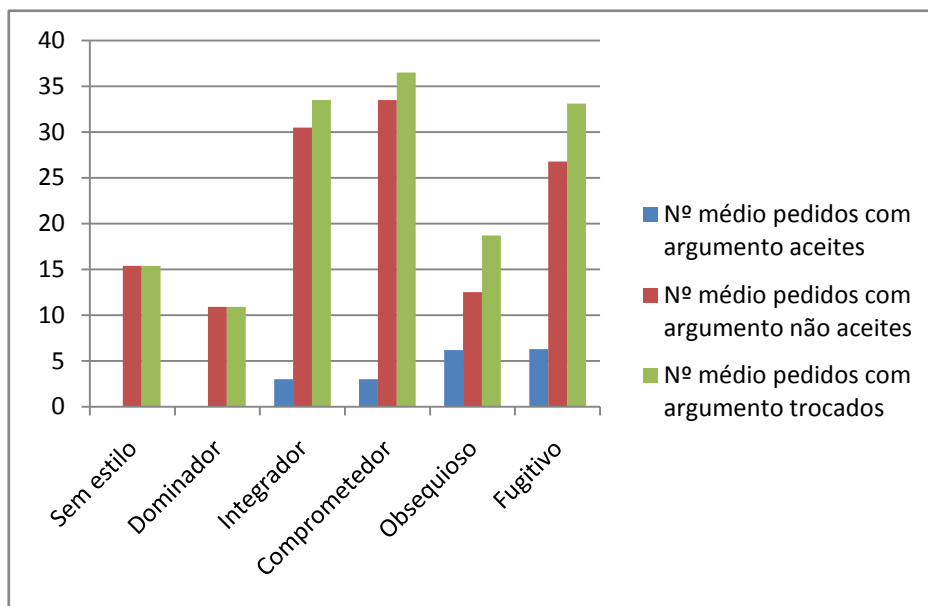


Figura 20 – Número médio de pedidos com argumentos trocados (aceites e não aceites) na 1ª experiência

Os agentes para enviarem um pedido com argumento precisam de respeitar um determinado conjunto de condições.

O pedido de apelo ao interesse próprio só pode ser feito se um agente verificar que outro agente prefere uma determinada alternativa e um determinado critério que é objetivo, e que a sua alternativa preferida têm valores superiores para o critério considerado comparada com a alternativa preferida do outro agente.

O pedido a apelar a práticas comuns só pode ser feito se a alternativa preferida do agente que envia o pedido tiver sido escolhida por mais de 50% dos participantes.

O pedido a apelar ao bom senso só pode ser feito se: a alternativa preferida do agente que envia o pedido é apoiada por mais de metade dos participantes; a alternativa do agente recebe o pedido tem um apoiante (o próprio agente que recebe o pedido) e esse agente não é a favor de mais nenhuma outra alternativa com mais apoiantes.

Tendo em conta estas definições dos pedidos, tal significa que dois dos pedidos com argumento utilizados devem obedecer à condição em que mais de metade dos participantes tem de aceitar a alternativa do pedido.

Para o caso dos agentes com o estilo dominador, como estes quase nunca aceitaram pedidos (só pedidos sem argumento), a condição de pelo menos mais de metade de os participantes apoiarem uma alternativa nunca foi verificada. Como consequência os agentes não puderam enviar pedidos com estes argumentos e por fim trocaram muito poucos argumentos.

Para o caso dos agentes com estilo de conflito integrador e comprometedor, como estes foram aceitando pedidos com mais facilidade, a condição de pelo menos mais de metade de os participantes apoiarem uma alternativa foi verificada. Como consequência os agentes puderam trocar muitos mais argumentos.

Para o caso dos agentes obsequiosos a Figura 19 mostra que estes agentes trocam poucos argumentos mas por razões completamente diferentes dos agentes dominadores. Tendo em conta os dados da Figura 20 os agentes obsequiosos apresentam a percentagem de aceitação de pedidos com argumentos mais alta em relação ao número de argumentos trocados comparado com os restantes estilos. Isto significa que os agentes obsequiosos trocam poucos argumentos porque rapidamente conseguem chegar a um consenso a favor de uma alternativa.

O caso dos agentes fugitivos é semelhante ao caso dos agentes obsequiosos sendo a principal diferença a maior facilidade de aceitação de pedidos, que leva a que em maior parte das simulações existam duas alternativas preferidas por mais de metade dos participantes e como consequência serão trocados mais pedidos a favor dessas alternativas.

Analisando os dados da Figura 19 é possível verificar que os agentes raramente trocaram o mesmo número de argumentos em duas simulações realizadas. Apesar disso em praticamente todos os cenários analisados a alternativa apoiada por mais participantes após cada simulação conseguiu sempre o mesmo número de apoiantes. Também foi possível identificar cenários em que apesar de ter sido atingida uma percentagem de aceitação elevada a favor de uma alternativa, em algumas das simulações realizadas nesses cenários foram trocados muitos menos argumentos comparando com outras simulações em cenários em que foram atingidas percentagens de aceitação bastante inferiores. Desta forma foi possível concluir que o número de argumentos trocados não é proporcional ao nível de consenso.

Como ambos os agentes com e sem estilo de comportamento utilizam o mesmo modelo de argumentação a solução final tende sempre para o mesmo conjunto de alternativas, que neste caso foram as alternativas “Basic Carvalho” e “Aero Oak Moor”. A única diferença está relacionada com a forma como os pedidos são verificados consoante o agente tenha sido configurado com ou sem estilo de conflito. É essa diferença que faz com que os agentes sem estilo de conflito nunca tivessem aceito pedidos com argumentos.

Analisando com mais detalhe a segunda experiência e o número de argumentos trocados por cada agente em cada simulação, como apresentado na Figura 19, foi possível concluir que:

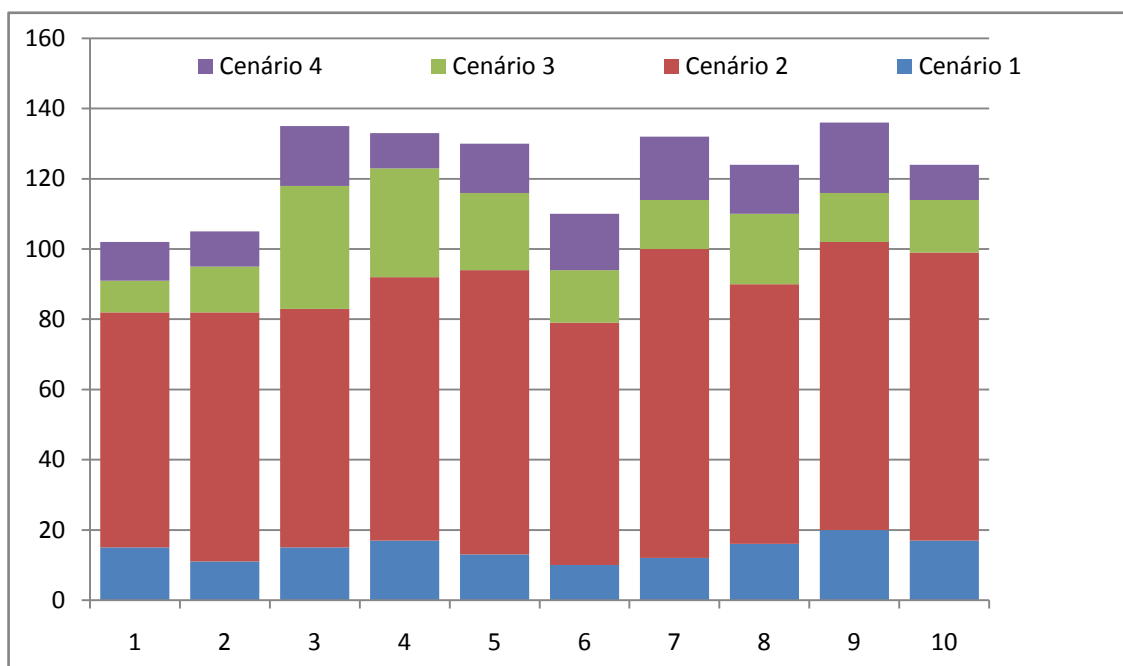


Figura 21 – Número de argumentos trocados na 1ª experiência

1. No segundo e terceiro cenário os agentes trocaram mais argumentos;
2. No primeiro e quarto cenário os agentes trocaram menos argumentos.

Na experiência anterior verificou-se que os agentes que trocaram mais argumentos foram os agentes comprometedores, integradores e fugitivos, e que os agentes que trocaram menos argumentos foram os agentes obsequiosos e dominadores. Tanto o cenário 2 como o cenário 3 são os cenários em que participaram mais agentes com estilos de conflito que trocam mais argumentos por isso seria expectável que nestes cenários os agentes trocassem também mais argumentos. Uma das razões pela qual no cenário 2 foram trocados mais argumentos do que no cenário 3 passa pelo facto de no cenário 3 não participarem agentes comprometedores. Outra das razões está relacionada com as percentagens a favor obtidas para cada alternativa, sendo as duas alternativas mais preferidas sempre as alternativas “Aero Oak Moor” e “Básic Carvalho”. Em todas as simulações foi atingido sempre a mesma percentagem de preferência para ambas as alternativas (10 em 12 agentes) e como consequência os agentes puderam utilizar muitas vezes o pedido com argumento de apelo a práticas comuns. Tanto o cenário 1 como o cenário 4 são os cenários em que participaram mais agentes com estilos de conflito que trocam menos argumentos por isso seria expectável que estes cenários apresentassem também um baixo número de argumentos trocados entre todos os agentes. No cenário 1 participam em maioria agentes obsequiosos e dominadores enquanto que no cenário 4 o estilo mais utilizado foi o estilo dominador (5 agentes dominadores em 12 totais).

Na Figura 22 são apresentados os dados relativamente aos pedidos com argumento trocados.

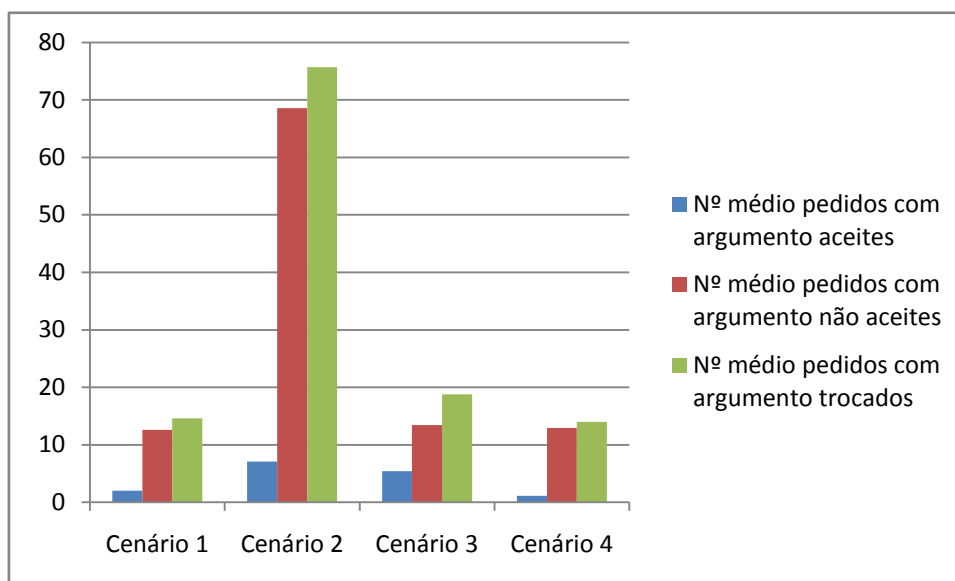


Figura 22 – Número médio de pedidos com argumentos trocados (aceites e não aceites) na 2ª experiência

Em todos os cenários, ao contrário da experiência anterior, foram aceites pedidos com argumentos. Apesar disso os dados obtidos são muito semelhantes no que diz respeito às percentagens médias de aceitação das alternativas. Tanto para o cenário 1 como para o cenário 4, o estilo de conflito mais utilizado pelos agentes é o estilo de conflito dominador e como consequência o número médio de pedidos aceites é bastante baixo. No caso do cenário 3 e 4 os estilos de conflito mais utilizados foram os estilos obsequioso e fugitivo e portanto o a percentagem de aceitação foi superior comparada com os restantes cenários.

As Figuras 23 e 24 mostram a percentagem média a favor de cada alternativa para as experiências estudadas.

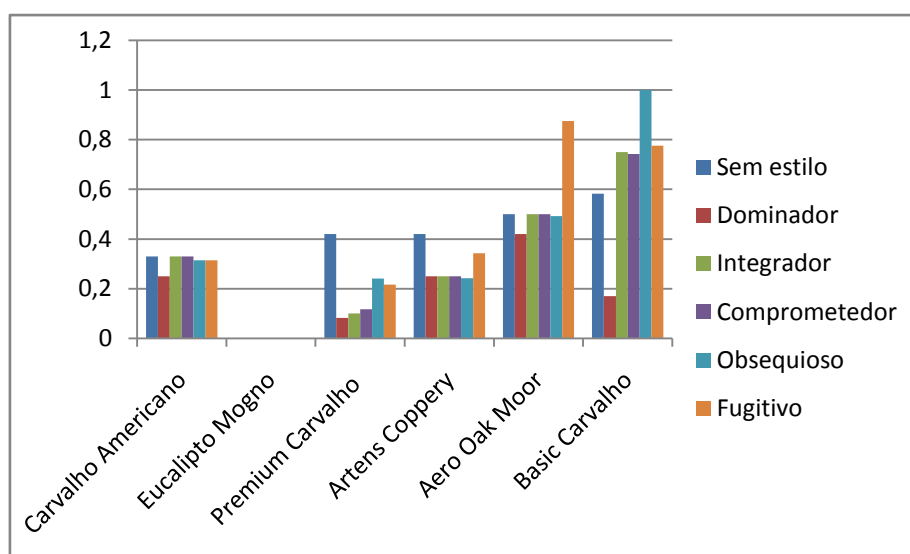


Figura 23 – Percentagem média a favor de cada alternativa para a 1ª experiência

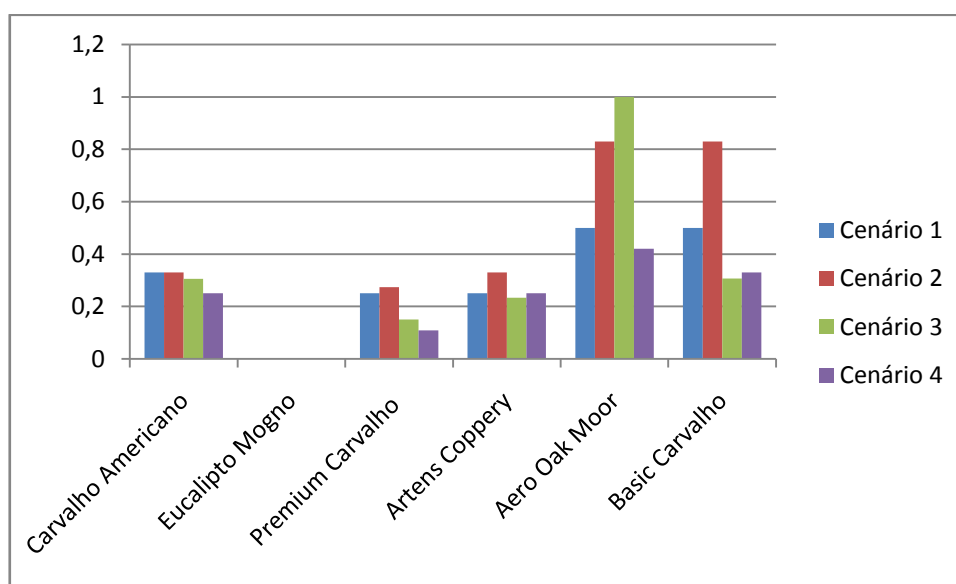


Figura 24 - Percentagem média a favor de cada alternativa para a 2ª experiência

Analisando com mais detalhe os resultados obtidos na 1ª experiência (Figura 23) é possível verificar que a percentagem média a favor da alternativa mais preferida por agentes sem estilo de conflito foi a alternativa Basic Carvalho. Se esta percentagem for comparada com cada um dos estilos de conflito existentes é possível observar que apenas a alternativa preferida pelos agentes dominadores obteve uma percentagem média a favor inferior. Todas as restantes alternativas preferidas por todos os outros agentes com estilo de conflito obtiveram sempre percentagens superiores. Estes dados juntamente com o facto de os agentes sem estilo de conflito e agentes dominadores nunca terem aceite pedidos com argumentos (ver Figura 20) permite concluir que a utilização de agentes sem estilo de conflito poderá ser mais vantajosa apenas comparado as cenários em que existe uma participação considerável de agentes dominadores (cenário 2 da 1ª experiência e cenários 1 e 4 da 2ª experiência). Os restantes cenários demonstram que os agentes conseguem aceitar mais pedidos com argumentos, e as percentagens médias a favor de uma alternativas acabam por ser superiores. Esta maior aceitação apenas acontece devido à diversidade dos estilos de conflito existentes, diversidade essa que é fundamental para que os agentes consigam atingir decisões mais consensuais comparados com agentes sem estilos de conflito.

Outra particularidade da utilização de estilos de conflito será a forma como cada estilo influencia a capacidade do agente em procurar boas soluções, soluções essas que podem nem sempre ser iguais (como no cenário 6 da 1ª experiência).

## 4.6 Conclusão

Este capítulo foi dividido em três partes principais: implementação, caso de estudo e análise de resultados.

Foi de início apresentada a ferramenta de implementação do sistema multi-agente, sendo descritos alguns detalhes técnicos nomeadamente para a criação e constituição de um agente, troca de mensagens, e foi também ilustrado o modelo de aplicação e os principais componentes do sistema.

Na segunda parte foi apresentado um caso de estudo relativo a um problema multi-critério onde foi testada a metodologia para a resolução de problemas apresentada no capítulo 3.

Na última parte foram analisados os resultados obtidos sendo confirmadas as duas hipóteses apresentadas nesta tese:

1. Agentes modelados com estilos de comportamento conseguem na maioria das vezes atingir um consenso mais facilmente comparado com agentes que não apresentam nenhum estilo de comportamento.

A única situação em que tal não se verifica é a situação em que existe uma participação considerável de agentes modelados com o estilo de comportamento dominador. No entanto, apesar de essa situação dificultar a obtenção do consenso, todo o conhecimento obtido poderá ser utilizado no futuro para suportar a tomada de decisão nesse tipo de cenários. O mesmo não pode acontecer em cenários onde essa informação é inexistente.

2. O número de argumentos trocados não é proporcional ao nível de consenso.





## 5 Conclusão e Trabalho Futuro

### 5.1 Síntese e conclusão do trabalho desenvolvido

Das ferramentas existentes de apoio à tomada de decisão ubíqua, muito poucas são as que conseguem responder às necessidades dos utilizadores, nomeadamente no que diz respeito à simplicidade e rapidez das configurações exigidas. Outra grande problemática tem a haver com a dificuldade de representação dos objetivos do utilizador ao longo do processo da tomada de decisão. O trabalho apresentado nesta dissertação foi ao encontro destas limitações.

No capítulo de estado de arte foram explicados alguns conceitos relacionados com a tomada de decisão e que se enquadram com o contexto do trabalho desenvolvido. Esses conceitos incluíram a definição dos sistemas de apoio à tomada de decisão em grupo, a computação ubíqua, os problemas multi-critério, os sistemas multi-agente, comportamentos e personalidades dos decisores, e negociação automática.

Após a introdução teórica dos conceitos mais relevantes, procedeu-se à modulação da solução proposta, sendo apresentadas as principais definições do problema, a arquitetura do sistema, as configurações dos intervenientes na tomada de decisão, as definições dos agentes, o modelo de decisão e o sistema de argumentação.

Por fim procedeu-se à implementação do sistema sendo explicados os principais detalhes técnicos para a implementação do mesmo, assim como o modelo de aplicação. Realizou-se um caso de estudo utilizando o sistema implementado e foram analisados os resultados de forma a comprovar todas as hipóteses inicialmente apresentadas na dissertação.

As principais contribuições e originalidades do trabalho desenvolvido foram:

1. Definição de um sistema multi-agente que permite a tomada de decisão ubíqua e que inclui os principais intervenientes no processo de tomada de decisão.

2. Definição de um formulário de configuração de um problema multi-critério que permite configurações flexíveis para o utilizador;
3. Definição e especificação de uma arquitetura do agente participante que considera os conceitos de credibilidade, experiência e estilo de conflito;
4. Definição e especificação de um diálogo entre agentes inspirado na lógica das redes sociais e na forma como as pessoas discutem tópicos e conversam umas com as outras;
5. Definição e especificação de um modelo de argumentação que inclui a troca de pedidos e que é dividido em 2 fases principais: escolha do argumento e verificação do pedido.
6. Desenvolvimento de um protótipo que implementou o sistema proposto na dissertação e que permitiu, através da realização de um caso de estudo, confirmar e validar as hipóteses que foram inicialmente assumidas.

## 5.2 Impacto Científico

As principais contribuições científicas publicadas no decorrer do desenvolvimento deste trabalho foram as seguintes:

1. Em “*Defining Agents’ Behaviour for Negotiation Contexts.*” [Carneiro et al., 2015b] foi apresentado um estudo sobre os principais modelos para inferir comportamentos que possam ser utilizados no contexto da tomada de decisão em grupo, proposto um conjunto de regras que devem ser obedecidas na definição de comportamentos e adaptação do modelo de Rahim e Magner (Rahim e Magner) a utilizar no contexto dos sistemas de apoio à tomada de decisão em grupo. Este artigo foi publicado no livro *Progress in Artificial Intelligence*; Francisco Pereira, Penousal Machado, Ernesto Costa, Amílcar Cardoso (Eds.), ISBN 978-3-319-23484-7. Este artigo foi também apresentado na 17ª Conferência Portuguesa em Inteligência Artificial (EPIA 2015) que se realizou em Coimbra entre 8 e 11 de Setembro de 2015.
2. Em “*Individual Definition of Multi-Criteria Problems in Ubiquitous GDSS*” [Carneiro et al., 2015e], onde foi proposto um *template* com uma configuração de problema simples e perceptível para o decisor baseada num conjunto de pontos relacionados com o processo da tomada de decisão. Este artigo foi apresentado na 6ª *International Conference Ubiquitous Computing and Multimedia Applications* (UCMA 2015).
3. Em “*A General Template to Configure Multi-Criteria Problems in Ubiquitous GDSS*” [Carneiro et al., 2015d] foi publicado uma versão estendida do artigo submetido anteriormente para ser publicado no *International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering* (IJMUE 2015). Nesta versão foram abordados com mais

detalhe os pontos enunciados e apresentado um caso de estudo de forma a validar o *template* proposto.

4. Em *“Dealing with Agent’s Behaviour in the Decision-Making Process”* [Martinho et al. 2015a] foram propostas as principais dimensões utilizadas para definir o comportamento e que deverão ser consideradas no contexto da tomada de decisão em grupo. Este artigo foi apresentado no workshop da 11ª *International Conference on Intelligent Environments* (SOOW 2015).
5. Em *“Adapting the Context of Social Networks to a Multi-Agent System”* [Martinho et al., 2015b] é descrita uma metodologia teórica para a interação entre agentes baseada na lógica das redes sociais. Este artigo foi apresentado na 9ª *International Conference on Crisis and Emergency Management* (ICCEM 2015) que se realizou em Tóquio no Japão entre 12 e 14 de Setembro de 2015.

### 5.3 Limitações e Trabalho Futuro

O trabalho apresentado nesta dissertação aborda um vasto número de conceitos relacionados com a tomada de decisão. Interligar todos esses conceitos (que por si só são bastante complexos) e apresentar um sistema completamente funcional após o término desta dissertação seria uma tarefa sobre-humana. Fica então muito trabalho a ser desenvolvido no decurso do que já foi apresentado e que está relacionado com as limitações atuais do sistema desenvolvido.

1. Apesar de ter sido já abordada a área da credibilidade e de experiência do decisor, o modelo de argumentação ainda não considera estes pontos na forma como os pedidos são verificados e na forma como a própria opinião do agente vai sendo alterada à medida que a discussão decorre. Uma das melhorias a realizar terá de ter em conta estes conceitos.
2. De forma a não complicar o processo de negociação entre agentes, numa fase inicial apenas foi considerado a troca de pedidos suportados por argumentos sendo que as únicas respostas possíveis são de aceitação e recusa de pedidos. Numa fase seguinte será necessário permitir a que o agente também possa contra-argumentar um pedido que lhe é feito tornando o processo de negociação mais complexo mas ao mesmo tempo mais realista.
3. A conversação entre agentes também deverá ser abordada com mais pormenor. Atualmente apenas é considerado que a troca de pedidos é feita ao nível da conversação privada enquanto que a troca de declarações e questões é feita ao nível da conversação pública. No futuro deverá ser possível permitir que os agentes possam trocar questões e declarações na conversação privada e pedidos na conversação pública. Além disso a conversação atual entre agentes, independentemente do tipo

de locução utilizada apenas contempla uma fase de resposta. No futuro os agentes deverão poder discutir com mais detalhe cada uma das locuções que são trocadas. Por exemplo um agente além de poder responder a dizer que concorda ou discorda de outro agente, poderá também questionar o porque de ele preferir um determinado critério ou alternativa.

4. No que diz respeito a detalhes técnicos, o protótipo foi desenvolvido apenas utilizando uma aplicação JAVA, e apesar de no modelo de aplicação já ter sido apresentado a estrutura do sistema de forma a que este possa ser utilizado pela Internet ainda será necessário desenvolver toda a camada de interação entre o utilizador e o sistema com mais detalhe, e interligar a componente web com a aplicação desenvolvida.

# Referências

- [Abowd e Mynatt, 2000] Abowd, G. D., Mynatt, E. D., 2000. Charting past, present, and future research in ubiquitous computing. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 7(1), (pp. 29-58).
- [Allport et al., 1936] Allport, G.W., Odbert, H.S. & Laboratory, H.P., 1936. Trait-names, a psycho-lexical study. *Psychological Review Co.*, Princeton, N.J.; Albany, N.Y. 48.
- [Beer et al., 1999] Beer, M., D'inverno, M., Luck, M., Jennings, N., Preist, C., & Schroeder, M. (1999). Negotiation in multi-agent systems. *The Knowledge Engineering Review*, 14(03), (pp. 285-289).
- [Blake e Mouton, 1964] Blake, R.R., Mouton, J.S., 1964. The new managerial grid: strategic new insights into a proven system for increasing organization productivity and individual effectiveness, plus a revealing examination of how your managerial style can affect your mental and physical health. *Gulf Pub. Co.*
- [Bonczek et al., 1979] Bonczek, R. H., Holsapple, C. W., Whinston, A. B. Computer-based support of organizational decision making. *Decision Sciences*, 1979, 10, (pp. 268-291).
- [Borst, 1997] Borst, W. Construction of Engineering Ontologies. PhD thesis, Institute for Telematica and Information Technology, University of Twente, Enschede, The Netherlands, 1997.
- [Burbeck et al., 2004] Burbeck, K., Garpe, D., Nadjm-Tehrani, S., 2004. Scale-up and performance studies of three agent platforms. In *Performance, Computing, and Communications, 2004 IEEE International Conference on* (pp. 857-863). IEEE.
- [Carneiro et al., 2012] Carneiro, J., Laranjeira, J., Marreiros, G., Freitas, C., Santos, R., 2012. A Context-aware Model to Support Ubiquitous Group Decision Making. *Journal of Internet Services and Information Security (JISIS)* 2, (pp. 105-118).
- [Carneiro et al., 2014] Carneiro, J., Santos, R., Marreiros, G., Novais, P. Overcoming the Lack of Human- Interaction in Ubiquitous Group Decision Support Systems, 2014.
- [Carneiro et al., 2015a] Carneiro, J., Marreiros, G., Novais, P., 2015. An Approach for a Negotiation Model Inspired on Social Networks. *Highlights of Practical Applications of Agents, Multi-Agent Systems, and Sustainability-The PAAMS Collection*. Springer International Publishing, (pp. 409-420).
- [Carneiro et al., 2015b] Carneiro, J., Martinho, D., Marreiros, G., & Novais, P., 2015. Defining Agents' Behaviour for Negotiation Contexts. In *Progress in Artificial Intelligence* (pp. 3-14). Springer International Publishing.
- [Carneiro et al., 2015c] Carneiro, J., Marreiros, G., Novais, P., 2015. Using Satisfaction Analysis to Predict Decision Quality. *International Journal of Artificial Intelligence* 13, (pp. 45-57).
- [Carneiro et al., 2015d] Carneiro, J., Martinho, D., Marreiros, G., & Novais, P., 2015. A

- General Template to Configure Multi-Criteria Problems in Ubiquitous GDSS. In International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering.
- [Carneiro et al., 2015e] Carneiro, J., Martinho, D., Marreiros, G., Novais, P., 2015. Individual Definition of Multi-Criteria Problems in Ubiquitous GDSS. In UCMA.
- [CHIMERA, 2015] Chimera Agents. <http://www.lpa.co.uk/chi.htm>
- [Cohen e Levesque, 1990] Cohen, P. R., Levesque, H. J., 1990. Intention is choice with commitment. Artificial intelligence, 42(2), (pp. 213-261).
- [Costa e McCrae, 1992] Costa, P.T., McCrae, R.R., 1992. Revised NEO Personality Inventory (NEO PI-R) and NEO Five-Factor Inventory (NEO FFI): Professional Manual. Psychological Assessment Resources.
- [DeSanctis e Gallupe, 1985] DeSanctis, G., Gallupe, B., 1985. Group Decision Support Systems: A New Frontier, ACM SIGMIS Database, vol. 16, (pp. 3-10).
- [Ferber et al., 2004] Ferber, J., Gutknecht, O., Michel, F., 2004. From agents to organizations: an organizational view of multi-agent systems. In Agent-Oriented Software Engineering IV (pp. 214-230). Springer Berlin Heidelberg.
- [Finin e Weber, 1993] Finin, T., Weber, J., 1993. Specification of the KQML Agent-Communication Language. The DARPA Knowledge Sharing Initiative.
- [FIPA, 2005] The Foundation for Intelligent Physical Agents, <http://www.fipa.org/>
- [Flanegin e Metzger, 2008] Flanagin, A.J., Metzger, M.J., 2008. Digital media and youth: Unparalleled opportunity and unprecedented responsibility. Digital media, youth, and credibility (pp. 5-27).
- [Genesereth e Fikes, 1992] Genesereth, M. R., Fikes, R. E., 1992. Knowledge interchange format-version 3.0: reference manual.
- [Gerrity, 1971] Gerrity, T. P. Design of man-machine decision systems. An application to portfolio management. Sloan Management. Review, 1971 (Winter), 59.
- [Gruber, 1995] Gruber, T. R., 1995. Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing?. International journal of human-computer studies, 43(5), (pp. 907-928).
- [Hadidi, 2011] Hadidi, N., Dimopoulos, Y., Moraitis, P., 2011. Argumentative alternating offers. Argumentation in Multi-Agent Systems, (pp. 105-122). Springer.
- [Hofstee, 1994] Hofstee, W. K., 1994. Who should own the definition of personality?. European Journal of Personality, 8(3), (pp. 149-162).
- [Holland, 1997] Holland, J.L., 1997. Making vocational choices: A theory of vocational personalities and work environments. Psychological Assessment Resources.
- [Howard e Howard , 1995] Howard, P.J., Howard, J.M., 1995. The big five quickstart: An introduction to the five-factor model of personality for human resource professionals. ERIC Clearinghouse.

- [Huber, 1984] Huber, G. P. Issues in the design of group decision support systems. *MIS Quarterly*, 1984.
- [JADE, 2015] Java Agent Development Framework <http://jade.tilab.com/>
- [JAVA, 2015] Java. <https://www.java.com>
- [Jennings et al., 1998] Jennings, N. R., Sycara, K., Wooldridge, M., 1998. A roadmap of agent research and development. *Autonomous agents and multi-agent systems*, 1(1), (pp. 7-38).
- [Jennings et al., 2001] Jennings, N.R., Faratin, P., Lomuscio, A.R., Parsons, S., Sierra, C. & Wooldridge, M.J., 2001. Automated negotiation: prospects, methods and challenges. *International Journal of Group Decision and Negotiation*, 10, (pp. 199–215). 11, 31, 33.
- [Jung, 1971] C.G. Jung, 1971. Psychological types, volume 6 of *The collected works of CG Jung*, Princeton University Press 18,169-170.
- [Kiesler e Sproull, 1992] Kiesler, S., Sproull, L., 1992. Group decision making and communication technology. *Organizational behavior and human decision processes*. 52.1 (pp. 96-123).
- [Kilman e Thomas, 1975] Kilman, R.H., Thomas, K.W., 1975. Interpersonal conflict-handling behavior as reflections of Jungian personality dimensions. *Psychological reports* 37, (pp. 971-980).
- [Kraus et al., 1998] Kraus, S., Sycara, K., & Evenchik, A. (1998). Reaching agreements through argumentation: a logical model and implementation. *Artificial Intelligence*, 104(1), (pp. 1-69).
- [Kraus, 2001] Kraus, S., 2001. Automated negotiation and decision making in multiagent environments. *Multi-agent systems and applications*. Springer Berlin Heidelberg, (pp. 150-172).
- [Kwon et al., 2005] Kwon, O., Yoo, K., Suh, E., 2005. UbiDSS: a proactive intelligent decision support system as an expert system deploying ubiquitous computing technologies. *Expert systems with applications* 28, (pp. 149-161).
- [Marreiros et al., 2005] Marreiros, G., Ramos, C., Neves, J., 2005. Dealing with emotional factors in agent based ubiquitous group decision. *Embedded and Ubiquitous Computing–EUC 2005 Workshops*, (pp. 41-50). Springer.
- [Marreiros, 2007] Marreiros, G. *Agentes de Apoio à Argumentação e Decisão em Grupo*. PhD thesis Universidade do Minho, 2007.
- [Martinho et al., 2015a] Martinho, D., Carneiro, J., Marreiros, G., Novais, P., 2015. Dealing with Agents' Behaviour in the Decision-Making Process. In *Workshop Proceedings of the 11th International Conference on Intelligent Environments* (Vol. 19, p. 4). IOS Press.
- [Martinho et al., 2015b] Martinho, D., Carneiro, J., Marreiros, G., Novais, P., 2015. Adapting the Context of Social Networks to a Multi-agent System. In *Proceedings of The 9th ICCEM 2015 International Conference on Crisis and Emergency Management in Tokyo, Japan*
- [Mayer, 2007] Mayer, J. D. (2007). Asserting the definition of personality. *The online newsletter for personality science*.

- [Neumann e Hadass, 1980] Neumann, S., Hadass, M. DSS and strategic decisions. *California Management Review*, 1980, 22(2), (pp. 77-84).
- [Panzarasa et al., 2002] Panzarasa, P., Jennings, N. R., Norman, T. J., 2002. Formalizing Collaborative Decision-making and Practical Reasoning in Multi-agent Systems. *Journal of logic and computation*, 12(1), (pp. 55-117).
- [Price et al., 1983] Price, D.D., McGrath, P.A., Rafii, A., Buckingham, B., 1983. The validation of visual analogue scales as ratio scale measures for chronic and experimental pain. *Pain* 17, (pp. 45-56).
- [Rahim e Magner, 1995] Rahim, M.A., Magner, N.R., 1995. Confirmatory factor analysis of the styles of handling interpersonal conflict: First-order factor model and its invariance across groups. *Journal of Applied Psychology* 80, 122.
- [Rahwan et al., 2003] Rahwan, I., Ramchurn, S.D., Jennings, N.R., Mcburney, P., Parsons, S., Sonenberg, L., 2003. Argumentation-based negotiation. *The Knowledge Engineering Review* 18, (pp. 343-375).
- [Rao e Georgeff, 1991] Rao, A. S., & Georgeff, M. P., 1991. Modeling rational agents within a BDI-architecture. *KR*, 91, (pp. 473-484).
- [Ricordel e Demazeau, 2000] Ricordel, P. M., Demazeau, Y., 2000. From analysis to deployment: A multi-agent platform survey. In *Engineering societies in the agents world*, (pp. 93-105). Springer Berlin Heidelberg.
- [Salancik e Pfeffer, 1977] Salancik, G., 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., 2009] Santos, R., Marreiros, G., Ramos, C., Neves, J., Bulas-Cruz, J., 2009. Personality, Emotion and Mood Simulation in Decision Making.
- [Santos, 2010] Santos, R. Sistema de Apoio à Argumentação em Grupo em Ambientes Inteligentes e Ubíquos considerando Aspectos Emocionais e de Personalidade. PhD thesis Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro Vila Real, 2010.
- [Silva, 2004] Silva, N. Multidimensional service-oriented ontology mapping. PhD thesis Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro Vila Real, 2004.
- [Sprague, 1980] Sprague, R. H. A framework for the development of decision support systems. *MIS Quarterly*, 1980, 4 (4),!-26.
- [Studer et al., 1998] Studer R., Benjamins R., Fensel D. Knowledge engineering: Principles and methods. *Data & Knowledge Engineering*, 25(1–2):161–198, 1998.
- [Vazsonyi, 1978] Vazsonyi, A., Information systems in management science. *Interfaces*, 1978, 9(1), (pp. 72-77).
- [Von Neumann e Morgenstern, 2007] Von Neumann, J., & Morgenstern, O. (2007). *Theory of games and economic behavior*. Princeton university press.
- [Weiser, 1991] Weiser, M. The computer for the 21st century. *Scientific american* 265.3 (1991): 94-104.



[Weiser, 1993]

Weiser, M., 1993. Some computer science issues in ubiquitous computing. *Communications of the ACM* 36.7 (pp. 75-84).