

PPGI PROGRAMA
DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM INFORMÁTICA

Universidade Federal do Rio de Janeiro

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

FÁBIO SILVA DO COUTO

**CONFIANÇA E REPUTAÇÃO
PARA JOGOS**

RIO DE JANEIRO
2013



Instituto de Matemática



Instituto Tércio Pacitti de Aplicações
e Pesquisas Computacionais

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE MATEMÁTICA
INSTITUTO TERCIO PACITTI
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA

FÁBIO SILVA DO COUTO

**CONFIANÇA E REPUTAÇÃO
PARA JOGOS**

Rio de Janeiro
2013

FÁBIO SILVA DO COUTO

CONFIANÇA E REPUTAÇÃO PARA JOGOS

Dissertação de Mestrado submetida ao Corpo Docente do Departamento de Ciência da Computação do Instituto de Matemática, e Instituto Tércio Pacitti (iNCE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Informática.

Orientadores: Prof^a. Carla A. D. M. Delgado
Prof. João Carlos Pereira da Silva

Rio de Janeiro
2013

Ficha Catalográfica

C871 Couto, Fábio Silva do

CONFIANÇA E REPUTAÇÃO PARA JOGOS / Fábio Silva do Couto. – 2013.

95 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Informática) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Matemática, Instituto Tércio Pacitti, Programa de Pós-Graduação em Informática, Rio de Janeiro, BR–RJ, 2013.

Orientadora: Carla A. D. M. Delgado

Co-orientador: João Carlos Pereira da Silva.

1. Jogos. 2. Confiança. 3. Reputação. 4. Multiagentes - Teses. I. Delgado, Carla A. D. M.(Orient.) II. Silva, João Carlos Pereira da(Co-orient.) III. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Matemática, Instituto Tércio Pacitti, Programa de Pós-Graduação em Informática IV. Título.

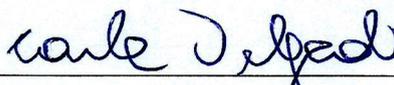
CDD:

CONFIANÇA E REPUTAÇÃO PARA JOGOS

Fábio Silva do Couto

Dissertação de Mestrado submetida ao Corpo Docente do Departamento de Ciência da Computação do Instituto de Matemática, e Instituto Tércio Pacitti (iNCE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Informática.

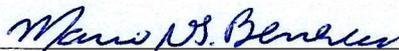
Aprovado por:



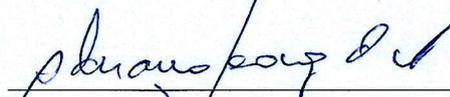
Prof^ª. Carla A. D. M. Delgado, DSc., PPGI/UFRJ (Orientador)



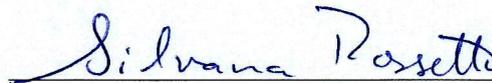
Prof. João Carlos Pereira da Silva, DSc., DCC/UFRJ (Co-orientador)



Prof. Mario Roberto Folhadela Benevides, Ph.D, COPPE/UFRJ



Prof. Adriano Joaquim de Oliveira Cruz, Ph.D, PPGI/UFRJ



Prof^ª. Silvana Rossetto, Ph.D, PPGI/UFRJ

Rio de Janeiro, novembro de 2013

Dedico esta dissertação à minha família e a Deus.

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos por este trabalho vão para a minha família, que sempre me apoiou em todas as trilhas da vida; para o meu amigo Yanko Oliveira por ter participado na escolha do jogo utilizado como ferramenta neste trabalho, além das palavras amigas durante todo o processo de estudos; para Louise Bassan, por ter me apoiado e incentivado durante todo o trabalho; aos meus orientadores, Profa. Dra. Carla Amor Divino Moreira Delgado e Prof. Dr. João Carlos Pereira da Silva pelas orientações, acompanhamentos, e também pela compreensão e paciência aparentemente infinita nos momentos de dificuldade; à banca avaliadora, professores Mario Roberto Folhadela Benevides, Adriano Joaquim de Oliveira Cruz e Silvana Rossetto pela disponibilidade e valores agregados durante a defesa.

RESUMO

COUTO, Fábio Silva do. **Confiança e reputação para jogos**. 2013. 95 f. Dissertação (Mestrado em Informática) – Programa de Pós-Graduação em Informática, Instituto Tércio Pacitti, Instituto de Matemática, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

Os jogos eletrônicos atuais utilizam técnicas e métodos estudados na área de Inteligência Artificial para aperfeiçoar o comportamento dos jogadores não humanos presentes nestes jogos. Porém estes métodos em geral focam na elaboração de adversários mais competitivos, apresentando mais resistência aos jogadores humanos, tornando assim os jogos mais difíceis e disputados. Apresentamos neste trabalho uma nova abordagem para estes agentes de jogos eletrônicos. Esta abordagem visa mudar o comportamento dos agentes através da adição de um componente social nos mecanismos de decisão dos mesmos. O intuito é criar uma nova experiência para os jogadores humanos, que passarão a lidar com adversários que possuem opiniões e um viés social.

Com o objetivo de estudar estes novos tipos de agentes, escolhemos o jogo Settlers of Catan. Este jogo requer que seus jogadores utilizem boas estratégias de negociação para terem boa performance nas partidas. Para a elaboração dessas estratégias de negociação criamos novos agentes que, além das técnicas de Inteligência Artificial, também utilizam modelos de confiança e reputação. O emprego destes modelos visa dar um viés para o comportamento dos agentes, aparentando a existência de um perfil social nas ações tomadas pelos mesmos.

Palavras-chave: Confiança e reputação, jogos, multiagentes, rating.

ABSTRACT

COUTO, Fábio Silva do. **Confiança e reputação para jogos**. 2013. 95 f. Dissertação (Mestrado em Informática) – Programa de Pós-Graduação em Informática, Instituto Tércio Pacitti, Instituto de Matemática, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

Electronic games use Artificial Intelligence techniques to improve the behavior of non-human characters. However these methods usually focus on increasing opponents competitiveness, trying to create more difficult and disputed games. Here we present a new approach to the behavior of these games agents. This approach aims to change the behavior of agents by adding a social component on their decision-making mechanisms. What we are trying to do is to create a new experience for human players, who will start to deal with opponents with opinions and social bias.

We have chosen the game Settlers of Catan to study these new types of agents. This game requires the players to be very good dealers in order to have a good performance. We then introduced in the game a new set of agents that, in addition to Artificial Intelligence techniques, also make use of trust and reputation models to make decisions. These models give a bias to the agent's behavior, simulating the existence of a social profile behind their actions.

Keywords: trust and reputation, games, multiagents, rating.

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1: Tabuleiro do Settlers of Catan (versão mobile para iPad)	30
Figura 5.1: Modelo Conceitual	44
Figura 5.2: Framework em um contexto distribuído	45
Figura 5.3: Framework em um contexto centralizado	47
Figura 5.4: Arquitetura do Framework	48
Figura 6.1: Simulações <i>fixo</i> com um agente <i>Coop</i>	57
Figura 6.2: Análise da métrica AT por posição dos agentes <i>Coop</i>	58
Figura 6.3: Contribuição das negociações na performance dos jogadores	59
Figura 6.4: Simulação <i>fixo</i> com quatro agentes pragmáticos	60
Figura 6.5: Simulação <i>fixo</i> com quatro agentes pragmáticos	61
Figura 6.6: Simulação <i>fixo</i> com quatro agentes pragmáticos	62
Figura 6.7: Número de vitórias do agente egoísta, na presença dos demais tipos de agentes	63
Figura 6.8: Reputações dos adversários - agente <i>Social 1</i>	65
Figura 6.9: Análise das negociações para vários agentes <i>cooperativos</i>	66
Figura 6.10: Análise de da métrica QN por posição dos agentes <i>Anti</i>	67
Figura 6.11: Número de vitórias por agente nas simulações com <i>cooperativos</i> e <i>antissociais</i>	68
Figura 6.12: Número de vitórias por agente nas simulações com <i>cooperativos</i> e <i>sociais</i>	69
Figura 6.13: Quantidade de negociações por tipo de simulações com <i>cooperativos</i> e <i>sociais</i>	69
Figura 6.14: Número de vitórias por agente nas simulações com <i>antissociais</i> e <i>sociais</i>	70
Figura 6.15: Quantidade de negociações por tipo de simulações com <i>antissociais</i> e <i>sociais</i>	71
Figura 6.16: Reputações dos agentes <i>antissociais</i> no modo <i>fixo</i>	72
Figura 6.17: Número de vitórias por agente nas simulações com <i>cooperativos</i> , <i>antissociais</i> e <i>sociais</i>	73
Figura 6.18: Número de vitórias nas simulações com agentes <i>cooperativos</i> , <i>antissociais</i> e <i>sociais</i> , no modo <i>normal</i>	74
Figura 6.19: Análise das métricas QOR X QPA - vários agentes no modo <i>Normal</i>	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1: Custos de Construções	31
Tabela 4.2: Comportamento do Agente <i>Social</i> nos pontos de interação	40
Tabela 4.3: Comportamento do Agente <i>Cooperativo</i> nos pontos de interação	41
Tabela 4.4: Comportamento do Agente <i>Antissocial</i> nos pontos de interação	41
Tabela 5.1: Probabilidade de sorteio dos números pelos dados	50
Tabela 5.2: Métricas	54
Tabela 6.1: Quadro de Simulações	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
NPC	Non-Player Character
IA	Inteligência Artificial
FSM	Finite States Machine
GOAL	Goal-Oriented Action Planning
BDI	Belief, Desire, Intention
P2P	Peer-To-Peer
TRAVOS	Trust and Reputation model for Agent based Virtual OrganisationS
AT	Aproveitamento dos Terrenos
CN	Contribuição das Negociações
QN	Quantidade de Negociações
QO	Quantidade de Ofertas
QOA	Quantidade de Ofertas Aceitas
QOR	Quantidade de Ofertas Rejeitadas
QP	Quantidade de Propostas
QPA	Quantidade de Propostas Aceitas
QPR	Quantidade de Propostas Rejeitadas
CO	Cooperativo
AS	Antissocial
SO	Social

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Motivação	15
1.2	Objetivo	15
1.3	Estrutura da dissertação	16
2	GAMES E IA	17
2.1	Métodos atuais de IA em Games	18
3	CONFIANÇA E REPUTAÇÃO	21
3.1	Sistemas de Confiança e Reputação	22
3.1.1	Beta Reputation System	23
3.1.2	REGRET	24
3.1.3	A Development Framework for Trust Models	25
3.1.4	Pythia	26
3.1.5	TRAVOS	26
3.1.6	Modelos de Reputação Online e SPORAS	27
3.1.7	Modelos de estudo	27
4	APLICAÇÃO DE CONFIANÇA E REPUTAÇÃO	28
4.1	Settlers of Catan	29
4.2	Aplicação	32
4.2.1	Pontos de Interação	33
4.2.2	Agentes	34
4.2.3	Resumo dos Comportamentos	39
5	EXPERIMENTOS	42
5.1	Ambiente Experimental	42
5.2	Métricas	49
5.2.1	Métrica de Vantagem Inicial	51
5.2.2	Métrica de Aleatoriedade	52
5.2.3	Métricas de Negociações	52
6	RESULTADOS E ANÁLISES	55
6.1	Posicionamento no mapa e terrenos	56
6.2	Contribuição das negociações	58
6.3	Modo <i>fixo</i>	59
6.3.1	Simulação base	60

6.3.2	Interação dos <i>pragmáticos</i> com os demais agentes	63
6.3.3	Efeito da inclusão dos agentes <i>sociais, cooperativos e antissociais</i>	64
6.4	Interações com vários tipos de agentes (<i>modo normal</i>)	74
6.5	Modelos de Confiança e Reputação	76
7	CONCLUSÕES	79
7.1	Contribuições	80
7.2	Trabalhos futuros	81
7.3	Considerações finais	82
	REFERÊNCIAS	83
APÊNDICE A	REPUTAÇÕES DOS ADVERSÁRIOS NO MODO <i>FIXO</i> COM 2 AGENTES DO TIPO <i>SOCIAL</i>	89
APÊNDICE B	REPUTAÇÕES DOS ADVERSÁRIOS NO MODO <i>FIXO</i> COM 3 AGENTES DO TIPO <i>SOCIAL</i>	92

1 INTRODUÇÃO

O mercado de jogos eletrônicos, ou games, vem ganhando cada vez mais força ao longo das últimas décadas (MERCADO DE JOGOS ELETRÔNICOS CRESCE NO BRASIL E GERA EMPREGOS NA ÁREA, 2013), tendo atingido proporções comparáveis a mercados gigantescos como por exemplo a indústria cinematográfica. A própria produção dos jogos eletrônicos mais complexos pode ser comparada com a produção de filmes líderes de bilheteria, com o esforço dispendido em termos de computação gráfica sendo muito semelhante nos dois casos (GTA V MOST EXPENSIVE VIDEO GAME IN HISTORY – BUDGET MORE THAN HIGH BUDGET HOLLYWOOD FILMS, 2013). No caso dos jogos eletrônicos, além da computação gráfica, existem diversas outras áreas que também são de grande importância para a definição do sucesso do jogo. A área que é uma das maiores, se não a maior, responsável por despertar e reter o interesse dos jogadores é a *inteligência artificial* (RUSSEL; NORVIG, 1995), também conhecida como *IA*.

Uma das vertentes da IA, no contexto de jogos eletrônicos, estuda os mecanismos responsáveis por dar vida aos elementos não humanos, ou *NPC* (non player character) (ROLLINGS; MORRIS, 2003), dos jogos eletrônicos. Qualquer tipo de decisão tomada por um NPC possui algum mecanismo de IA por trás. Quanto mais realistas forem as impressões passadas pelos comportamentos dos NPCs, mais divertido e procurado será o jogo. Porém para alcançar uma boa dose de realismo é necessário que se tenham bons algoritmos de IA. Por esse motivo e pelas demais contribuições que a IA já deu e vem dando às mais diversas áreas, o meio acadêmico e o próprio mercado têm investido cada vez mais em estudos nessa área.

1.1 Motivação

Olhando para o mercado de jogos eletrônicos podemos observar também a crescente parcela dos jogos denominados *sociais* (SOCIAL NETWORK GAMES, 2012). Com o aparecimento das redes sociais e posteriormente dos jogos eletrônicos inseridos nessas redes, pudemos constatar o interesse das pessoas por interações sociais. Surgiu então a ideia de tentar trazer este fator social para o contexto dos jogos eletrônicos. Como resultado teríamos NPCs que combinariam os mecanismos de IA com um viés social, tornando suas ações menos determinísticas e com traços de caráter social. Esta nova abordagem comportamental por parte dos NPCs visa aumentar a diversão e o interesse dos jogadores humanos, abrindo portas para novas linhas de pensamentos e dando insumos para a criatividade dos criadores e produtores de jogos eletrônicos. Com essa nova abordagem, é esperada uma expansão natural do mercado de jogos para novos gêneros, podendo funcionar também como um catalisador para o crescimento já observado atualmente nesse mercado, principalmente no setor de jogos sociais.

Para adicionar este componente social ao comportamento dos NPCs começamos a estudar os mecanismos de *Confiança e Reputação* (JøSANG; ISMAIL; BOYD, 2007) (Trust and Reputation). Estes mecanismos são aplicados atualmente em sistemas de e-commerce, compras coletivas, cadeias de certificados web, dentre outros, e visam assegurar a segurança nas transações realizadas entre duas partes. A garantia de que ambas as partes envolvidas em uma transação são confiáveis é realizada pela criação de uma reputação sobre cada parte através de ratings e avaliações. Vimos então um potencial de aplicação destes mecanismos de auto regulação no contexto dos jogos eletrônicos. Através da aplicação de modelos de confiança e reputação aos NPCs de um game, esperamos que os mesmos passem a regular as ações dos adversários e adicionar esta nova informação a seus próprios mecanismos de tomadas de decisões.

1.2 Objetivo

Neste trabalho pretendemos avaliar a utilização de mecanismos de confiança e reputação na engrenagem que forma o comportamento dos NPCs atuantes em jogos

eletrônicos. Com esta avaliação pretendemos verificar se estes NPCs ganham um viés mais social nas suas ações. Com este viés social os NPCs poderiam ser percebidos pelos jogadores humanos como adversários que tomam decisões baseadas em um perfil social próprio. Escolhemos o jogo *Settlers of Catan* (CATAN.COM, 2013) para realizar a aplicação de modelos de confiança e reputação e então analisar os efeitos dessa aplicação. O Catan consiste originalmente em um jogo de tabuleiro que possui como principais características as necessidades de uma boa estratégia, sorte e habilidades de negociação. Este jogo apresentou todos os componentes necessários para realizarmos estudos comparativos entre os algoritmos de IA (estratégia) e o mecanismo social (negociações).

1.3 Estrutura da dissertação

Nos capítulos 2 e 3 faremos uma revisão de literatura sobre as técnicas de IA empregadas nos jogos eletrônicos e sobre os estudos realizados nas áreas de confiança e reputação. Em seguida apresentaremos o jogo Catan e mostraremos como será realizada a aplicação dos modelos de confiança e reputação no mesmo. No capítulo 5 explicaremos o método experimental utilizado, assim como as métricas definidas para validar os experimentos. No capítulo 6 faremos as análises dos resultados obtidos nos experimentos. Por fim apresentaremos as conclusões e os possíveis trabalhos futuros que podem dar continuidade aos estudos de comportamentos sociais em NPCs de jogos eletrônicos.

2 GAMES E IA

Os games podem ser classificados sob diversos pontos de vista. Levando em consideração o gênero, podemos citar algumas categorias como ação, estratégia, RPG, tabuleiro, esporte, simulação, dentre outros. Na maioria dos gêneros citados encontramos o papel do inimigo que pode ser representado por um jogador humano ou não humano. As empresas criadoras dos primeiros games já pensavam em criar uma maneira dos jogadores competirem com um adversário não humano (GUILD, 2013). Foi nesse contexto que surgiram as aplicações dos estudos do campo da *Inteligência Artificial* (IA) em games, tema que vem sendo estudado desde o lançamento dos primeiros videogames. Essa busca por uma pseudo inteligência que simulasse a presença de uma entidade com características comportamentais humanas acarretou o surgimento do conceito de *agentes inteligentes*, ou NPCs (non player character). A inteligência dos agentes é concebida através da aplicação de algumas técnicas de IA.

Os consumidores de jogos eletrônicos convivem com os mecanismos de IA desde o lançamento dos primeiros games (GUILD, 2013). Com o passar dos anos os jogadores passaram a perceber que o mecanismo de IA dos jogos costumam seguir padrões pré-determinados, fazendo com que os movimentos dos NPCs passassem a ficar cada vez mais previsíveis. Esta previsibilidade diminui o nível de diversão dos jogos tornando-os menos atrativos, fazendo com que os mesmos sejam abandonados precocemente. Surgiu então a necessidade de criação de novos algoritmos menos previsíveis, ou seja, menos determinísticos. Estudos nas áreas de algoritmos evolutivos e adaptativos contribuíram e ainda vem contribuindo para a adaptação dos mecanismos de IA durante o jogo de acordo

com o nível dos jogadores (DEMASI, 2003). Esta nova gama de algoritmos passou a trazer mais realidade e a contribuir com jogos mais desafiadores e aparentemente mais realistas.

Alguns jogos que marcaram a evolução histórica dos mecanismos de IA aplicados aos games foram (KISHIMOTO, 2004): Herzog Wei - 1990, primeiro jogo a utilizar máquinas de estados; BattleCruiser: 3000AD - 1996, primeiro jogo a utilizar redes neurais; Half-Life - 1998, com a utilização de IA baseada em scripts; e Black and White - 2001, que utilizou a combinação de diversos mecanismos de aprendizagem baseados em decisões do jogador, como redes neurais, reinforcement e observational learning.

Bratman (BRATMAN, 1999) sugeriu uma teoria que concebeu um novo modelo para o desenvolvimento de agentes inteligentes denominado BDI (Belief Desire Intention). Este modelo adota uma abordagem deliberativa e motivacional para o comportamento dos agentes. Patel e Hexmoor (PATEL; HEXMOOR, 2009) estudaram a aplicação do BDI em NPCs. Apesar de tratar o problema da inteligência dos agentes sob outro ponto de vista, esta abordagem se aproxima mais da ideia proposta por este trabalho. Porém ainda assim trata-se de um modelo para gerenciamento das ações a serem realizadas pelos agentes, não havendo o aspecto social no comportamento dos agentes de uma forma geral. Em 2000 o game The Sims (THE SIMS GAME PORTAL, 2013) revolucionou o mercado de jogos eletrônicos quando veio com a proposta de explorar fortemente a IA do jogo, com os agentes inteligentes passando a ter papéis também de protagonistas influenciáveis pelos players.

2.1 Métodos atuais de IA em Games

Para atingir o nível de dificuldade e diversão atual dos games foram realizados estudos na área de IA (GUILD, 2013) que resultaram no desenvolvimento de diversos algoritmos utilizados pelos NPCs para a solução de problemas de busca de caminhos, tomadas de decisão, aprendizagem de máquina, processamento de linguagens naturais, comportamento em grupo, entre outros, dando assim um comportamento aparentemente inteligente para esses agentes.

Um estudo mais profundo sobre as tecnologias utilizadas atualmente nos games vem se tornando cada vez mais difícil de ser realizado, pois grande parte dos avanços obtidos pelas grandes empresas produtoras de games é mantido em sigilo pelas mesmas por questões comerciais. Porém, dentre as diversas técnicas de IA utilizadas nos jogos podemos citar as mais comumente conhecidas e que possuem sua origem nos estudos acadêmicos da área de inteligência artificial:

- *Máquinas de Estados Finitos (FSM)* - uma das técnicas mais comumente utilizadas em jogos eletrônicos são as máquinas de estados. Através deste mecanismo é possível controlar as ações dos agentes ao longo do tempo. Os agentes sempre se encontram em algum estado e através da satisfação de uma ou mais condições eles são transitados para outro estado da máquina. Dessa forma é possível controlar, por exemplo, situações em que você já possui a presença de um agente na cena de um jogo, porém o mesmo deve esperar algum adversário se aproximar para começar alguma reação.
- *Algoritmos Genéticos* - é uma técnica de busca inspirada na teoria da evolução de Darwin (DARWIN, 2009). Estes tipos de algoritmos buscam as soluções que melhor se adaptam a um problema específico. No contexto de jogos esta técnica é utilizada para tentar melhorar a performance dos agentes através da utilização de ações que respondam melhor às interações com os adversários dos agentes.
- *Redes Neurais* - se trata de um método de aprendizagem para os agentes do game. Quanto mais os agentes jogarem contra um perfil de adversário mais ele aprenderá sobre a maneira de jogar desse perfil de adversário, podendo assim tentar prever os próximos passos dos adversário e obter vantagem sobre esta informação.
- *Lógica Fuzzy* - a lógica fuzzy (YEN; LANGARI, 1999) aplicada a jogos eletrônicos apresenta um suporte para alguns mecanismos auxiliares como na navegação em mapas.
- *Behavior Tree* - esta técnica surgiu na engenharia de computação com aplicações em outras áreas de negócio como projetos de integração de softwares e sistemas de apoio à decisão. No contexto dos games ela veio para preencher as lacunas encontradas nas máquinas de estados e melhorar o mecanismo de planejamento de ações dos agentes.

- *Planning GOAP (Goal-Oriented Action Planning)* - trata-se de uma técnica de planejamento de ações baseada em objetivos bem definidos. Pode ser utilizada na navegação de agentes pelo mapa, ou em problemas de otimização de jogadas em jogos de tabuleiro como xadrez.
- *BDI* - esta técnica tenta separar as opções, os objetivos e o estado atual dos agentes em um jogo. Desta forma fica mais fácil adaptar o planejamento realizado ao longo da partida, criando planos de contingência que melhoram o plano original para a situação real ocorrida.

Técnicas mais recentes de IA como Behavior Tree, GOAP e BDI tem tentado trazer mais realismo ao comportamento dos NPCs. Essa necessidade de interações mais realistas, com NPCs mais espertos e com comportamentos mais parecidos com os dos humanos durante os jogos é uma tendência que começou a ficar mais evidente com o crescimento do mercados dos social games (SOCIAL NETWORK GAMES, 2012). O perfil da maior parte dos jogadores desse tipo de game é o de um jogador casual. Este perfil em geral não está muito preocupado com as tecnologias gráficas ou o mecanismo de inteligência em si, mas se identifica com games que apresentem agentes com interações mais parecidas com a de outros jogadores humanos.

É neste contexto que entram os estudos realizados neste trabalho de exploração de novas técnicas de apoio à decisão dos agentes dos games. Estas novas técnicas porém possuem um carácter mais social e visam misturar as estratégias adotadas pelos mecanismos de IA com uma porção de personalidade dos agentes. Conforme mencionado anteriormente, a adição desse componente social aos agentes será feita através do uso de modelos de confiança e reputação, tema que será explorado no próximo capítulo.

3 CONFIANÇA E REPUTAÇÃO

Sistemas de confiança se diferenciam de sistemas de reputação pelo ponto de vista da avaliação. Neste trabalho iremos nos referir a confiança e reputação de acordo com as definições de Jøsang (JØSANG; ISMAIL; BOYD, 2007).

- **Confiança:** *"a probabilidade subjetiva pela qual um indivíduo, A, espera que outro indivíduo, B, realize uma dada ação que está relacionada com seu bem-estar"*
- **Reputação:** *"o que normalmente é dito, ou se crê, sobre o caráter ou posição social de uma pessoa ou coisa"*

Segundo Jøsang (JØSANG; ISMAIL; BOYD, 2007) as diferenças entres estes conceitos podem ser identificadas através das seguintes sentenças:

1. *"Eu confio em você devido à sua boa reputação."*
2. *"Eu confio em você apesar da sua má reputação."*

A primeira frase ilustra o caso em que uma parte confia em outra por causa da reputação desta última. Já na segunda sentença podemos observar que apesar da má reputação da parte sendo avaliada, a parte que está tomando a decisão decide confiar nela.

Podemos fazer uma analogia com os modelos de confiança e reputação, onde o modelo de reputação é o responsável por determinar a reputação de cada uma das partes envolvidas, e o modelo de confiança é o responsável por decidir como utilizar esta reputação, podendo

inclusive ignorá-la em alguns casos. Ambos os modelos podem fazer, e normalmente fazem, uso do histórico de interações existentes entre as partes envolvidas no contexto do problema.

3.1 Sistemas de Confiança e Reputação

Jøsang (JøsANG, 1999a,b) realizou estudos sobre a aplicação de confiança em cadeias de certificados de autenticidade online. Yu et. al (YU; SINGH, 2002) apresenta um modelo que utiliza a teoria matemática de evidências, para representar e propagar as reputações. Yu, assim como Jøsang et. al (JøsANG, 2001; JøsANG; ISMAIL, 2002), se baseiam na teoria da evidência, de Dempster-Shafer, que é a base para a teoria de crenças, que propõe a utilização de uma métrica chamada *opinião*. Esta teoria expressa a confiança, ou crença, que uma parte possui a respeito da veracidade de uma informação.

Os sistemas de reputação podem ser classificados sob diversos pontos de vista. Um tipo de classificação bastante utilizado na literatura (MUI et al., 2001; MUI; MOHTASHEMI; HALBERSTADT, 2002) diz respeito ao tipo de arquitetura adotada para as reputações, havendo uma abordagem centralizada e outra distribuída. Os sistemas distribuídos são aqueles em que cada elemento possui uma opinião particular sobre os demais elementos, diferentemente dos sistemas centralizados onde há um repositório único de reputações para todos os elementos do sistema. Em ambos os casos o cômputo da reputação é realizado através de interações diretas entre os elementos, e do feedback de cada elemento participante da interação, porém a diferença das arquiteturas está na utilização desses feedbacks computados. Em um sistema centralizado todos os elementos consideram todas as reputações já computadas, enquanto que em um sistema distribuído cada elemento só leva em consideração as interações computadas em que ele próprio participou.

Diversos sistemas têm sido construídos para estudos acadêmicos e para fins comerciais, com aplicações já tendo ocorrido em empresas de e-commerce como eBay (RESNICK; ZECKHAUSER, 2002), em redes P2P (DAMIANI et al., 2002; CORNELLI et al., 2002), e em diversos outros contextos. A seguir veremos alguns dos mais importantes sistemas e modelos de confiança e reputação encontrados na literatura.

3.1.1 Beta Reputation System

O modelo probabilístico baseado na distribuição Beta foi proposto por Jøsang et. al (JØSANG, 2001; JØSANG; ISMAIL, 2002) e introduz o conceito de incerteza nos estudos de modelos probabilísticos para o contexto de reputação. Jøsang utiliza o conceito de *opiniões* que representam a base para a construção de uma reputação e podem ser mapeadas diretamente para um modelo probabilístico de distribuição Beta.

Uma *opinião* é composta por três partes: *crença*, *descrença* e *incerteza*. As componentes de crença e descrença refletem o quanto uma entidade acredita ou não em alguma coisa. Porém há uma parcela de incerteza devido á falta de informações para suportarem uma crença ou descrença. Uma *opinião* $w = (b, d, u)$ é representada matematicamente da seguinte forma:

$$b + d + u = 1, \quad b, d, u \in [0, 1] \quad (3.1)$$

onde b , d e u representam respectivamente *crença*, *descrença* e *incerteza*. Smets et. al (SMETS; KENNES, 1994) mostrou que o valor esperado probabilístico da opinião é definido por:

$$E(w) = b + \frac{u}{2} \quad (3.2)$$

Podemos exemplificar o uso de opiniões através de um problema onde temos duas urnas contendo bolas vermelhas ou pretas. Na primeira urna temos 100 bolas, porém não sabemos a quantidade exata de vermelhas ou pretas. Já na segunda urna temos exatamente 50 bolas pretas e 50 bolas vermelhas. Podemos representar a probabilidade de sortear uma bola qualquer da segunda urna como sendo de 50%, pois temos exatamente este percentual de bolas vermelhas ou pretas. Porém na primeira urna não sabemos quais as quantidades de cada bola. Mas sabemos que só existem dois tipos de bolas e portanto para qualquer bola sorteada temos 50% de chance de que a mesma seja preta ou vermelha. As probabilidades de sorteio de uma bola em ambas as urnas são as mesmas, porém por motivos diferentes. Podemos representar estes pontos de vista através de opiniões, com a opinião $w1 = (0, 0, 1)$ sendo a opinião relacionada com a primeira urna e a opinião $w2 = (0.5, 0.5, 0)$ sendo a opinião relacionada com a segunda urna. Sendo assim podemos observar, através da equação 3.2, que o valor esperado para ambas as opiniões $w1$ e $w2$ é de 0.5.

Jøsang et. al (JøsANG, 1997, 1998; JøsANG; KNAPSKOG, 1998) criou um framework baseado em opiniões e na teoria de evidências que denominou de *lógica subjetiva* para realizar inferências. Ele definiu (JøsANG, 1997) dez tipos diferentes de operações possíveis de serem realizadas em lógica subjetiva, como por exemplo *conjunção*, *disjunção*, *negação*, etc. Algumas operações interessantes criadas na lógica subjetiva foram a de *consenso* e *recomendação*. A operação de recomendação realiza a transitividade de uma opinião entre duas partes. Suponha que existem 3 partes A, B e C, e que A possui uma opinião sobre B representada por w_{ab} e B possui uma opinião sobre C representada por w_{bc} . Suponha também que A não possui opinião formada sobre C. É possível que A chegue a uma opinião sobre C através da operação de *recomendação*. Neste caso A pediria para B uma recomendação sobre C. A opinião resultante levaria em consideração a opinião recomendada por B, além da opinião que A possui sobre B. Agora imagine a situação em que há duas recomendações sobre uma mesma entidade. A operação de *consenso* visa encontrar uma resultante para a combinação dessas duas opiniões.

3.1.2 REGRET

Sabater e Sierra (SABATER; SIERRA, 2001, 2002) propuseram um modelo formal de reputação denominado sistema REGRET, que trata do assunto sob três perspectivas diferentes e tem como saída a reputação resultante da combinação desses pontos de vista, que eles chamam de dimensões. As três dimensões apontadas pelos autores são: *individual*, *social* e *ontológica*. A dimensão individual diz respeito às interações diretas que um elemento do sistema realizou com os demais elementos. Nesta dimensão entram também os casos onde um elemento guarda as impressões obtidas durante o testemunho de uma interação ocorrida entre terceiros. Já a dimensão social diz respeito à reputação de grupos, e pode ser bastante útil quando se tem pouca ou nenhuma informação sobre um determinado elemento, porém é sabido que ele pertence a um dado grupo do qual se tem a reputação. A dimensão ontológica é abordada por Sabater e Sierra como sendo uma possibilidade de combinação de reputações construídas sob diversos aspectos, para se chegar a uma reputação resultante para um aspecto mais complexo. Dessa forma a reputação de um agente no quesito *bom vendedor* em um site

de leilões poderia ser calculada através da combinação das reputações deste mesmo agente nos quesitos de tempo de entrega dos produtos, preço dos produtos e qualidade dos produtos.

Em todas as dimensões são aplicados os conceitos básicos de *resultado* e *impressão* definidos pelos autores. Os *resultados* podem ser entendidos como um conjunto de variáveis e seus valores que descrevem como foi o resultado de uma interação entre duas partes. Voltando ao nosso exemplo do site de leilões, as variáveis do *resultado* de uma interação seriam o tempo de entrega, o preço dos produtos e a qualidade dos produtos. Já a *impressão* se trata de uma análise realizada por uma das partes sobre um certo aspecto, ou variável, do *resultado* da interação.

O sistema REGRET funciona através da construção de uma base de informações que contém os *resultados* de todas as interações ocorridas entre as diversas entidades existentes. Quando uma entidade A precisa tomar alguma decisão com respeito a uma entidade B, ela define uma *impressão* sobre B fazendo um filtro na base de informações para pegar as interações ocorridas entre A e B. Em seguida a entidade A toma a decisão baseada na *impressão* obtida. Caso não existam interações diretas entre A e B, a entidade A pode criar uma *impressão* baseada nas interações que outras entidades realizaram com B, ou então através de *impressões* que A tenha de algum grupo em que B está inserido. Do ponto de vista da dimensão ontológica, as *impressões* podem ser criadas através de um aspecto de um *resultado*, ou através da combinação de vários aspectos de um *resultado*.

Devido a limitações de tempo não seria possível implementar o modelo REGRET para aplicação em jogos eletrônicos neste trabalho. Portanto uma boa opção de continuidade dos estudos aqui apresentados seria a aplicação deste modelo em jogos, explorando assim as demais dimensões de Sabater e Sierra no contexto desses jogos.

3.1.3 A Development Framework for Trust Models

Moyano et. al (MOYANO; FERNANDEZ-GAGO; LOPEZ, In Press, 2012a,b) propõe a criação de um framework de confiança e reputação bastante genérico, a ponto de possibilitar também a contemplação da dimensão social do sistema proposto por Sabater e Sierra. Porém este framework não foi adotado por se tratar de uma modelagem muito complexa para se

adaptar ao contexto que motivou estes estudos, que é a área de jogos. Este framework pode ser utilizado nos mais diversos tipos de aplicações, inclusive em jogos. Porém não adotamos a implementação do mesmo nos estudos realizados neste trabalho porque esforço necessário para implementar todos os aspectos do modelo proposto por Moyano et. al inviabilizou sua utilização.

3.1.4 Pythia

Pythia é um framework proposto por Windley et. al (WINDLEY; KEVIN; DALEY, 2007) com o intuito de prover modelos de reputação para serviços online. A integração deste framework em um jogo não se mostrou uma opção viável por diversos motivos com o mais importantes sendo o fato do framework ser criado especificamente para ser utilizado em ambientes web. Dessa forma ficaria difícil realizar o acoplamento com as tecnologias comumente utilizadas em jogos eletrônicos, como Java, C++, bibliotecas de vínculo dinâmico, dentre outras opções. A solução seria viável somente para games web com uma arquitetura muito particular.

3.1.5 TRAVOS

TRAVOS (TEACY et al., 2006) (Trust and Reputation model for Agent based Virtual OrganisationS) é um modelo de confiança e reputação criado para ser aplicado em diversos tipos de problemas. Nesta arquitetura os autores tratam também o problema de falta de interações através de um modelo avançado de propagação das informações de confiança. Modelos de propagação são aqueles onde acontecem recomendações de reputação ou da decisão de confiar. Estes tipos de modelos tratam também da questão do consenso, que deve ser abordado caso haja mais de uma fonte de recomendação.

Outro diferencial deste modelo é o tratamento das reputações no tempo, onde se assume que quanto mais recente for o feedback que contribuiu para uma reputação, maior o peso desse feedback na reputação resultante. Este é um bom modelo para ser aplicado no contexto de games, porém não foi utilizado neste trabalho devido à complexidade de sua implementação.

3.1.6 Modelos de Reputação Online e SPORAS

Sabater (SABATER; SIERRA, 2005) apresentou um resumo de alguns modelos de reputação online que são utilizados principalmente por sites de leilões online, como o eBay, Amazon Auctions e OnSales Exchange. Estes modelos são bem simples, com o uso de ratings positivos, neutro ou negativos, com a reputação sendo definida pela simples soma desses ratings, sendo adicionado um ponto para os ratings positivos e retirado um ponto por rating negativo. Zacharia (ZACHARIA, 1999) melhorou os modelos de reputação online e idealizou o SPORAS, que dá mais credibilidade para os ratings mais recentes. Este modelo é bom para capturar as trocas de opinião, dado que as avaliações mais recentes condizem com um julgamento mais atualizado.

3.1.7 Modelos de estudo

Optamos por utilizar o modelo de reputação *Beta Reputation System* nos estudos desenvolvidos neste trabalho devido à sua simplicidade. Outro fator importante que contribuiu para nossa escolha foi o fato deste modelo aderir facilmente a problemas onde se têm eventos binários, como é o caso dos games, onde os elementos envolvidos podem classificar as interações com os demais elementos simplesmente como positivas ou negativas. Já o modelo de confiança foi idealizado neste próprio trabalho, pois precisávamos de um modelo muito simples que definisse um nível de confiança apenas como positivo ou negativo. Iremos apresentar mais detalhes sobre os modelos de confiança e reputação aplicados neste trabalho na seção 4.2.2.

No próximo capítulo mostraremos como foi realizada a aplicação dos modelos de confiança e reputação escolhidos nos agentes do jogo Catan, para realização de estudos comportamentais.

4 APLICAÇÃO DE CONFIANÇA E REPUTAÇÃO

O principal objetivo deste trabalho é estudar a aplicação de modelos de confiança e reputação em jogos eletrônicos e realizar análises com o intuito de identificar alterações de comportamento nos agentes desses jogos. Com a aplicação destes modelos nos agentes esperamos que os mesmos, ao interagirem com outros agentes, passem a tomar suas decisões baseados em tendências sociais próprias, como cooperar, competir, ser antissocial, ser egoísta, etc. O perfil observado durante o jogo para os agentes que possuem cada um desses tipos de tendências sociais, caracteriza um comportamento que chamamos neste trabalho de *comportamento social*. Pretendemos identificar também quais os impactos destes tipos de comportamentos no decorrer das partidas. Selecionamos o game “Settlers of Catan” (CATAN.COM, 2013) para este estudo, pois o mesmo combina os ingredientes dos estudos de comportamentos sociais com regras bem definidas e uma porção de aleatoriedade que complementa o desfecho das partidas. Porém este jogo tem sua origem no tabuleiro, fazendo com que fosse necessário buscarmos uma versão eletrônica do mesmo.

Encontramos uma implementação Open Source do game na linguagem Java (JAVA.COM, 2013), batizada por seus criadores de *JSettlers*, e a adotamos para os estudos realizados. Esta implementação foi criada para a realização de estudos de técnicas de IA e modelos econômicos empregados no planejamento de estratégias de negociações e tomadas de decisões dos agentes da versão eletrônica do Catan (THOMAS, 2003). Nestes estudos Thomas conseguiu desenvolver agentes que respondessem às ações em tempo hábil de jogo e com a eficiência desejada para que os jogadores humanos tivessem uma experiência satisfatória em termos de competição com os agentes.

4.1 Settlers of Catan

Como a maioria dos jogos de tabuleiro, a receita básica para o Catan consiste em um par de dados, um tabuleiro, suas peças, algumas cartas e muita estratégia. O Catan pode ser jogado por 4 ou 6 jogadores. Cada jogador representa um habitante de uma ilha recém-descoberta e participa de uma corrida pela soberania do novo território. O objetivo do jogo é chegar à pontuação máxima antes dos seus adversários. Fixamos a pontuação máxima em 10 pontos para as simulações dos estudos realizados. Os jogadores conseguem ganhar pontos no jogo das seguintes maneiras:

- **Construções:** *1 ponto* por cada *aldeia* e *2 pontos* por cada *cidade* construída
- **Cartas de Pontos:** *1 ponto* por cada *Carta de Pontos* adquirida
- **Maior Exército de Cavalaria:** *2 pontos* para a terceira carta de cavaleiro adquirida. Caso algum outro jogador consiga a terceira carta de cavaleiro posteriormente, ele passa a ter o maior *Exército de Cavalaria*
- **Maior Estrada Comercial:** *2 pontos* para maior estrada contínua (sem bifurcações), com no mínimo 5 peças de estrada. Caso algum outro jogador consiga construir uma estrada contínua maior posteriormente, ele passa a ter a maior *Estrada Comercial*

O tabuleiro é dividido em 19 hexágonos, cada um representando um terreno da ilha. Cada terreno provê recursos naturais específicos, variando entre barro, cereal, lã, madeira e minério, com exceção do hexágono do deserto que não produz nenhum recurso. Os jogadores podem realizar construções de estradas nas arestas dos hexágonos e de aldeias ou cidades nos vértices dos mesmos. Alguns hexágonos que realizam fronteira com o mar possuem portos, lugar onde os recursos podem ser comercializados por outros recursos. Cada terreno também possui um número correspondente de 2 a 12. A figura 4.1 apresenta uma imagem do tabuleiro do Catan.

O jogo se dá por rodadas, sendo cada rodada composta de turnos por jogador. No nosso estudo de caso serão sempre realizados jogos com quatro jogadores, ou seja, com



Figura 4.1: Tabuleiro do Settlers of Catan (versão mobile para iPad)

quatro turnos por rodada. A cada turno um jogador sorteia um número em dois dados de 6 faces, com o valor variando de 2 a 12. Os terrenos que possuírem o número sorteado serão premiados, e cada jogador que possuir uma ou mais construções nestes terrenos ganhará uma unidade do recurso do terreno por aldeia e/ou duas unidades do recurso do terreno por cidade.

Através dos recursos colhidos os jogadores podem realizar construções de aldeias ou cidades nos seus respectivos turnos, com a limitação de cada construção somente poder ser realizada em vértices de estradas do próprio jogador. Cada nova estrada construída tem obrigatoriamente que estar localizada como continuação de algum caminho de estradas do próprio jogador. Os recursos necessários para cada tipo de construção são apresentados na tabela 4.1.

Existe também a figura do ladrão, que tem o objetivo de obstruir a produção de recurso no hexágono em que ele está presente. O ladrão pode ser movido de um terreno para outro a cada turno em que um jogador tirar o número 7 nos dados. O jogador da vez do

Item	Barro	Minério	Lã	Cereal	Madeira
Aldeia	1		1	1	1
Cidade		3		2	
Estrada	1				1
Carta		1	1	1	

Tabela 4.1: Custos de Construções

turno será o responsável por mover o ladrão para algum hexágono, podendo assim prejudicar um ou mais adversários.

Caso algum jogador não possua os recursos necessários para realizar uma construção, ele ainda pode conseguir recursos através de negociações com o banco, com algum porto, ou com os outros adversários. Toda negociação se dá através da troca de recursos, sendo ilimitada a quantidade de recursos em trocas entre jogadores. Cada troca de recurso com o banco se dá através de uma razão de $1:4$, ou seja, um recurso do banco será trocado por quatro recursos do jogador. Já no caso dos portos, os recursos podem ser trocados na razão $1:3$, caso o porto seja genérico, ou ainda na razão $1:2$, nos casos de portos de troca de recursos específicos. Em portos específicos, só podem ser obtidos recursos do tipo específico daquele porto, sendo que existe um porto específico para cada tipo de recurso. As negociações em um dado porto ficam habilitadas somente quando o jogador possui alguma estrada, aldeia ou cidade que faça fronteira com esse porto.

Além de construções, os recursos podem ser utilizados na obtenção de cartas, sendo que cada tipo de carta possui uma função específica no jogo, servindo em alguns casos para aumentar o número de pontos diretamente, ou em outros casos para aumentar, indiretamente, a vantagem do jogador de alguma forma. As cartas podem ser adquiridas no turno de um dado jogador através da troca por 1 minério, 1 lã e 1 cereal, conforme apresentado na tabela 4.1. Cada carta adquirida em um dado turno t só poderá ser jogada no turno $t+1$. As cartas presentes no jogo são:

- **Ano de Fatura:** permite ao jogador selecionar 2 matérias-primas quaisquer

- **Carta de Cavaleiro:** permite ao jogador mover o ladrão para outro hexágono e roubar 1 matéria-prima de um jogador que possua uma aldeia ou cidade neste hexágono. Esta carta é a única que pode ser lançada antes do início do turno do jogador
- **Carta de Pontos:** o jogador ganha 1 ponto adicional e só revela a carta no final da partida, caso complete a pontuação máxima com a adição do ponto desta carta
- **Construir Estradas:** permite ao jogador construir 2 estradas sem usar matérias-primas
- **Monopólio:** o jogador escolhe um tipo de matéria-prima e todos os demais jogadores terão que lhe entregar todo o estoque dessa matéria-prima

Tendo como base as regras apresentadas até aqui, é possível visualizar o estado em que um jogador não possui construções de aldeias nem cidades em vértices de terrenos de um recurso específico, o que acarreta o fato deste jogador nunca conseguir este recurso por outros meios que não a negociação. Entretanto algumas vezes a negociação com o banco ou até mesmo com os portos pode ser muito custosa, o que torna atrativa a negociação com os adversários. Porém ao receber uma proposta de negócio de outro adversário, é necessário balancear a necessidade de obtenção do recurso com a colocação do adversário no jogo, pois ao realizar a troca de recursos o adversário também pode ser beneficiado. É nessa linha de raciocínio que entra em cena a proposta deste trabalho.

4.2 Aplicação

Na versão digital o game possui agentes que atuam como adversários não humanos, para o caso de jogos em que os mesmos sejam necessários. É nesse contexto que entra a aplicação dos modelos de confiança e reputação proposto neste trabalho, trazendo uma nova abordagem comportamental para os adversários não humanos do game.

Os agentes originais da versão eletrônica do jogo adotada, utilizam uma heurística bem definida para inferir o jogador que está mais bem colocado no jogo e um estimador para tentar prever qual jogador possui a maior probabilidade de realizar construções mais

rapidamente. Os principais fatores de ponderação levados em consideração pelo estimador são a pontuação atual, a localização no mapa e a disposição das peças no tabuleiro. A partir destes critérios é criado um índice para cada oponente e então o agente cria um ranking dos melhores colocados, que será utilizado na tomada de decisões do tipo “Devo negociar com este adversário?” ou “Devo prejudicar este adversário?”, ou ainda “Qual adversário vale mais a pena prejudicar?”. Esse tipo de comportamento, que neste trabalho foi rotulado como *pragmático*, leva cada agente a competir com o adversário que está vencendo o jogo, segundo o resultado do estimador do próprio agente.

A ideia da aplicação de um modelo de confiança e reputação neste game foi com o intuito exatamente de criar um novo tipo de agente com comportamento social, onde as decisões apontadas anteriormente seriam tomadas de acordo com as interações já realizadas com os demais jogadores e com base no viés social do próprio agente.

4.2.1 Pontos de Interação

Para que os modelos possam ser plenamente utilizados em um jogo já existente, é necessário realizar primeiramente um mapeamento dos momentos onde há interações entre os agentes. Cada interação corresponde a um momento no jogo onde os agentes necessitam realizar algum tipo de tomada de decisão sobre a melhor ação a ser executada. As decisões tomadas durante estas interações refletem a heurística do mecanismo de IA adotado. Para o caso de agentes com abordagens sociais a heurística reflete o viés comportamental do agente.

O mapeamento desses pontos no Catan foi realizado através da identificação das ações do game em que há o envolvimento de um componente social. Foram identificados os seguintes pontos de interação:

- *Propor negócio* - quando um jogador realiza uma proposta de negociação de recurso com outro jogador. Este tipo de decisão é tomada por vontade própria do jogador.
- *Aceitar/Rejeitar negociação* - quando um jogador aceita ou rejeita uma proposta de negociação de recursos com outro jogador. Assim como a decisão de realizar uma nova proposta de troca de recursos, a aceitação ou rejeição de uma negociação depende da vontade própria do jogador.

- *Roubar recurso* - quando um jogador decide de qual outro jogador irá roubar um dado recurso. Este tipo de decisão é necessária quando o jogador tira o número 7 nos dados.
- *Mover o ladrão* - quando um jogador move o ladrão para um novo hexágono no mapa. Este movimento pode ter o intuito de prejudicar algum adversário, ou somente retirar o ladrão de um hexágono que esteja prejudicando o próprio jogador.

4.2.2 Agentes

Um novo tipo de agente, rotulado *social*, foi criado no jogo e passou a utilizar modelos de confiança e reputação para tomar as decisões relacionadas à movimentação do ladrão, às negociações e à escolha do adversário a ser prejudicado nos casos em que este tipo de decisão é requerida. As decisões tomadas por cada jogador nos pontos de interação servem como insumos para a construção das reputações por parte dos agentes *sociais*, utilizando para isso os modelos de reputação. Já os modelos de confiança são utilizados pelos agentes *sociais* quando eles próprios precisam tomar decisões nos mesmos pontos de interação. Portanto a aplicação dos modelos a um agente *social* se dá em duas frentes: coleta de informações sobre as ações de cada adversário e tomada de decisão baseado nos dados colhidos. Na primeira fase o agente está criando uma reputação sobre cada adversário. Já na segunda fase esta reputação está sendo usada pelo modelo de confiança para definir as ações do próprio agente.

Quando o agente *social* se depara com um ponto de interação do jogo ele pode estar fazendo o papel de agente realizador da ação deste ponto de interação, ou de agente alvo de alguma ação. Nos casos em que ele é o agente alvo da ação ele procura colher informações sobre a ação realizada para aumentar a base de reputações sobre os demais agentes. Quando outro agente realiza a ação de *mover o ladrão*, o agente *social* irá computar um ponto positivo caso ele não possua nenhuma aldeia ou cidade no terreno para o qual o ladrão foi movido. Caso contrário o agente que moveu o ladrão ganhará um ponto negativo para cada terreno do agente *social* que for prejudicado. O mesmo ocorre para o caso da ação de *roubo de recurso*. Caso o recurso roubado seja do agente *social*, o agente que roubou o recurso ganhará um rating negativo. Caso contrário o mesmo terá um ponto positivo. Para o ponto de interação de *propostas de negociações*, o agente *social* computa um ponto positivo para cada agente que realize uma oferta de negociação com ele, não havendo ratings negativos para este caso.

Já no ponto de interação de *aceitação ou rejeição de negociação*, o agente *social* age como o tomador de decisões, consultando para isso o seu modelo de confiança. Este tipo de interação ocorre quando outro agente realiza uma proposta para ele. Neste caso ele aceitará ou não a negociação baseado no nível de confiança do agente proponente. Caso o nível de confiança do agente proponente, avaliado pelo modelo de confiança, seja positivo, o agente *social* aceita a negociação proposta. Caso contrário ele a nega. Nos demais pontos de interação o agente *social* também utiliza o modelo de confiança para tomar as decisões. Na realização de uma nova proposta de negócio, o agente *social* envia esta proposta somente para os demais agentes que possuem nível de confiança positivo. Nos demais casos ele cria um ranking sobre o nível de confiança dos adversários e decide prejudicar sempre o último colocado desse ranking.

A seguir apresentaremos como funcionam os modelos de confiança e de reputação utilizados nos pontos de interação dos agentes *sociais*.

4.2.2.1 Modelo de Reputação

O modelo de reputação utilizado nos estudos realizados foi proposto por Jøsang (JØSANG; ISMAIL, 2002), conforme citado anteriormente. O *Beta Reputation System* é um modelo de reputação distribuído. Portanto na nossa aplicação cada agente do tipo *social* construirá sua própria base de reputações. Este modelo utiliza a função densidade de probabilidade (FDP) da distribuição Beta para definir o valor esperado para a próxima interação com um agente, dado o histórico de interações com o mesmo agente. Cada agente do tipo *social* irá criar N valores de reputações, onde N corresponde ao número de adversários deste agente no jogo.

A função densidade de probabilidade da distribuição beta (JØSANG, 2001) possui dois parâmetros: α e β . A FDP da função beta(α, β) pode ser expressa utilizando a função gamma Γ :

$$f(\theta|\alpha, \beta) = \frac{\Gamma(\alpha + \beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} \theta^{\alpha-1} (1 - \theta)^{\beta-1} \quad (4.1)$$

onde $0 \leq \theta \leq 1$, $\alpha > 0$, $\beta > 0$, e com a restrição de que a variável probabilística $\theta \neq 0$ se $\alpha < 1$, e $\theta \neq 1$ se $\beta < 1$. A função Γ é definida por $\Gamma(n) = (n-1)!$, então o valor esperado para a distribuição beta é:

$$E(\theta) = \alpha / (\alpha + \beta) \quad (4.2)$$

O modelo proposto por Jøsang (JØSANG; ISMAIL, 2002) utiliza o valor esperado da distribuição beta (fórmula 4.2) para definir a reputação de um agente. Os parâmetros α e β correspondem respectivamente às quantidades de interações positivas (r) e negativas (s) já realizadas com um dado adversário, incrementadas de 1.

$$\begin{aligned} \alpha &= r + 1, r \geq 0 \\ \beta &= s + 1, s \geq 0 \end{aligned} \quad (4.3)$$

Cada agente *social* guardará um par de valores r e s para cada adversário do jogo. Estes valores serão alterados a cada interação que o agente fizer com um dado adversário. Logo, a qualquer momento do jogo é possível estimar a reputação de cada adversário i como sendo o valor esperado ($E(\theta)$) da variável aleatória beta(α, β):

$$E_i(\theta) = (r_i + 1) / (r_i + s_i + 2), i \in \text{Jogadores} \quad (4.4)$$

4.2.2.2 Modelo de Confiança

Já o modelo de confiança foi proposto neste trabalho e é mais simples ainda, se tratando de um modelo de maximização do nível de confiança. Por questões de simplificação adotamos um modelo de confiança que nos desse somente uma informação: "*O adversário é confiável?*". Em termos computacionais o modelo de confiança irá indicar um valor dentro do intervalo $[-1, 1]$, onde valores negativos irão indicar que o adversário não é confiável. A reputação obtida a partir do modelo de reputação *beta* é definida pela equação 4.4, podendo então variar dentro do intervalo $[0, 1]$. Portanto o modelo de confiança realiza uma conversão do valor recebido da reputação para o intervalo $[-1, 1]$. Esta conversão se dá através da fórmula:

$$NC = (E(\theta) - \frac{1}{2}) \times 2 \quad (4.5)$$

Quando o valor do nível de confiança for positivo a decisão é seguir em frente com a nova interação com o agente em questão, somente havendo veto da ação para os casos em que o nível de confiança se torna negativo ou nulo, conforme mostrado no algoritmo 1.

Algoritmo 1 Tomada de decisão sobre uma *ação* a ser realizada com um *agente* utilizando o *Modelo de Confiança*

- 1: Tome a reputação r do *agente*;
 - 2: Calcule o nível de confiança NC pela fórmula: $NC = (E(r) - \frac{1}{2}) \times 2$;
 - 3: **se** $NC > 0$ **então**
 - 4: Retorne aceitando *ação*;
 - 5: **senão**
 - 6: Retorne rejeitando *ação*;
 - 7: **fim se**
-

O algoritmo 1 ilustra o funcionamento do modelo de confiança utilizado. O modelo recebe como entrada uma ação a ser realizada e a reputação do adversário alvo, retornando a decisão de realizar ou não esta ação. Primeiramente a reputação do agente alvo é obtida e então transformada pela equação 4.5. Após esta transformação a reputação passa a assumir um valor dentro do intervalo $[-1, 1]$. Em seguida o modelo de confiança avalia se a reputação obtida é positiva ou negativa, aceitando ou rejeitando a ação, respectivamente. Outros modelos de confiança mais refinados poderiam ter sido utilizados nestes estudos, porém por questões de simplificação decidimos optar por um modelo que realizasse somente uma transformação linear das reputações obtidas através do modelo de reputação.

Existe um problema inerente a este comportamento que surge nas situações em que um agente *social* ainda não possui nenhuma informação sobre a outra parte. Em alguns modelos é realizada uma análise de propagação das informações de confiança, ou seja, um agente “pede conselho” para outro agente sobre um terceiro elemento, porém no modelo adotado neste trabalho a decisão é confiar no agente avaliado até o momento em que ocorram interações diretas com este agente avaliado. Através das interações diretas o modelo de reputação pode efetivamente ser utilizado para definir uma reputação condizente com o comportamento do agente alvo em relação ao agente avaliador.

Além dos agentes do tipo *social* criamos mais dois tipos de agentes no jogo: *cooperativo* e *antissocial*, ambos com um viés social no comportamento. O principal intuito da criação desses novos agente é permitir que o comportamento dos diversos jogadores envolvidos em uma partida se assemelhe com o comportamento encontrado naturalmente nos adversários humanos, onde podemos encontrar diversos níveis de altruísmo, competitividade ou racionalidade (DAWKINS, 2006).

Os agentes com viés cooperativo são por natureza altruístas. A heurística adotada para estes agentes é baseada no potencial que cada ação tem de ajudar os demais jogadores em um dado momento. Quando não há opção de ajudar os demais jogadores o agente cooperativo tenta prejudicar o menor número de adversários possível. Quanto maior for o potencial de ajuda, maiores serão as chances de o agente cooperativo escolher esta ação. Nos casos de movimentação do ladrão estes agentes procuram sempre movê-lo para o lugar onde não hajam construções. Já em questões de negociações, estes agentes sempre aceitam fazer negócios, mesmo que estes não os interessem. Este foi um dos modos que encontramos de fazer o agente cooperativo mostrar seu lado altruísta. O único ponto de decisão onde os agentes cooperativos acabam prejudicando algum adversário é na escolha de um agente para roubar recursos. Como ele é obrigado a escolher algum agente para roubar um recurso devido às regras do jogo, ele escolhe algum dos adversários aleatoriamente. Optamos pelo sorteio porque caso este tipo de evento ocorra muitas vezes, na média o agente cooperativo não estaria prejudicando ninguém em específico.

Já os agentes antissociais utilizam uma heurística que leva o agente a tomar decisões que prejudiquem o maior número de jogadores simultaneamente, além de ser avesso a negociações que não sejam iniciadas por vontade própria. Este comportamento tenta refletir o perfil de uma pessoa que não goste de fazer amigos e goste de cultivar inimizades por natureza. Portanto no caso da movimentação do ladrão o agente procura sempre movê-lo para o terreno onde haja um maior número de construções de adversários distintos. Dessa forma ele estará atingindo ao maior número de adversários possível em uma única jogada. No roubo de recursos, como o agente antissocial só pode prejudicar um adversário, ele opta pelo adversário que está mais bem colocado na partida, de acordo com a mesma heurística do jogador pragmático, que já é nativa dos agentes do *JSettlers*. Em

termos de negociações o agente antissocial não aceita realizar negociações que tenham sido propostas por algum adversário. Só haverão negociações realizadas com um agente do tipo antissocial caso ele decida que esteja precisando de algum recurso e realize a oferta de troca. Apesar de algumas características deste tipo de comportamento não refletirem os traços de uma pessoa antissocial, este foi o nome adotado neste trabalho para os agentes com este comportamento.

4.2.3 Resumo dos Comportamentos

As tabelas 4.2, 4.3 e 4.4 apresentam os comportamentos dos respectivos agentes *social*, *cooperativo* e *antissocial*, nas tomadas de decisão.

Ponto de Interação	Papel do Agente	Comportamento
<i>Propor negociação</i>	Agente proponente da negociação	Realiza a proposta para os adversários que possuam nível de confiança positivo , de acordo com o modelo de confiança do agente
	Agente destinatário da proposta	Registra uma interação positiva com o agente que realizou a proposta
<i>Aceitar/Rejeitar negociação</i>	Agente destinatário da negociação	Decide por aceitar/rejeitar a negociação caso o nível de confiança do adversário seja positivo/negativo
<i>Roubar recurso</i>	Agente tomador de recurso	Cria um ranking dos adversários ordenado pelo maior nível de confiança e rouba o recurso do último jogador do ranking
	Agente com recurso roubado	Registra uma interação negativa com o agente que roubou o recurso
<i>Mover o ladrão</i>	Agente que moveu o ladrão	Cria um ranking dos adversários ordenado pelo maior nível de confiança e move o ladrão para o último jogador do ranking
	Outros agentes	Registra N interações negativas com o agente que moveu o ladrão e prejudicou N construções de sua propriedade. Caso contrário registra uma interação positiva

Tabela 4.2: Comportamento do Agente *Social* nos pontos de interação

Ponto de Interação	Papel do Agente	Comportamento
<i>Propor negociação</i>	Agente proponente da negociação	Realiza a proposta para todos os adversários
<i>Aceitar/Rejeitar negociação</i>	Agente destinatário da negociação	Decide por aceitar qualquer negociação
<i>Roubar recurso</i>	Agente tomador de recurso	Rouba o recurso do primeiro agente da lista de possibilidades para roubo
<i>Mover o ladrão</i>	Agente que moveu o ladrão	Move o ladrão para o local com o menor número de construções

Tabela 4.3: Comportamento do Agente *Cooperativo* nos pontos de interação

Ponto de Interação	Papel do Agente	Comportamento
<i>Propor negociação</i>	Agente proponente da negociação	Realiza a proposta somente se necessita dos recursos
<i>Aceitar/Rejeitar negociação</i>	Agente destinatário da negociação	Decide por rejeitar qualquer negociação que não foi iniciada por ele
<i>Roubar recurso</i>	Agente tomador de recurso	Rouba o recurso do agente com a melhor pontuação do jogo
<i>Mover o ladrão</i>	Agente que moveu o ladrão	Move o ladrão para o local com o maior número de construções de jogadores distintos

Tabela 4.4: Comportamento do Agente *Antissocial* nos pontos de interação

5 EXPERIMENTOS

Um aspecto importante dos estudos realizados foi a validação dos comportamentos dos agentes criados, assim como uma análise comparativa entre os diversos agentes. A principal finalidade dessas análises é identificarmos as peculiaridades de cada tipo de comportamento e suas contribuições para o jogo. Um bom método de validar as ideias apresentadas neste trabalho é através da realização de diversos experimentos que nos deem material para a realização das análises desejadas. Porém para que estas análises e validações possam ser realizadas precisamos também identificar algumas métricas que reflitam o desempenho de um agente durante uma partida. Quando falamos em desempenho não estamos nos referindo somente às chances de vitória em uma partida. Gostaríamos de analisar também o posicionamento dos agentes em relação às interações sociais e aos obstáculos apresentadas durante as partidas.

Neste capítulo iremos apresentar alguns pontos técnicos relevantes sobre os experimentos realizados e definir as métricas que serão utilizadas nas análises e validações dos resultados dos experimentos realizados.

5.1 Ambiente Experimental

A implementação original do jogo teve que sofrer algumas alterações para que os estudos fossem factíveis de serem realizados. Primeiramente o *JSettlers* não estava preparado para ser executado sem a presença de jogadores humanos, inviabilizando a realização de simulações em lote. Portanto foi implementado um novo parâmetro de execução *sim*, que

permite que seja realizada uma simulação de um jogo somente com NPCs. Cada simulação realizada passou a gerar um log com todos os eventos ocorridos durante a partida. Este log passou a ser utilizado como fonte de dados para as diversas análises realizadas.

Ao longo dos estudos realizados neste trabalho foi elaborada a criação de um framework para auxiliar a aplicação de modelos de confiança e reputação no Catan, que pudesse ser reaproveitado posteriormente para outros tipos de estudos. A utilização deste framework em um jogo pode trazer benefícios diretos, como na exploração de comportamentos sociais nos NPCs do jogo, ou ainda funcionando somente como um mecanismo de suporte a decisão para estes NPCs. Conforme citado anteriormente a versão eletrônica do jogo de tabuleiro *Settlers of Catan* utilizada foi obtida através de uma implementação na linguagem Java, chamada *JSettlers*, com licença Open Source. Nos primeiros desenvolvimentos realizados o framework apresentado foi implementado também na linguagem Java, pois a compatibilidade seria direta neste caso.

O framework foi projetado tendo em mente os fatores escalabilidade e portabilidade. Quanto à escalabilidade, apesar dos estudos terem sido realizados em modelos específicos, pudemos observar que a estrutura base permite que outros modelos sejam adicionados posteriormente. Qualquer um dos modelos enumerados na revisão de literatura deste trabalho pode ser implementado e acoplado ao framework, sendo possível assim realizar estudos comparativos da aplicação dos diversos modelos em um mesmo contexto. Estes estudos comparativos podem indicar também qual seriam os efeitos de cada tipo de sistema em um contexto de um jogo, com cada NPC do jogo podendo utilizar um modelo diferente para o cômputo das reputações e para a inferência dos níveis de confiança. Já pensando na portabilidade, a ideia da solução no formato de um framework se deu em grande parte pelo fato das diversas soluções existentes atualmente utilizarem vários tipos diferentes de tecnologias na sua criação. Com um framework, a funcionalidade pode ser implementada em qualquer uma dessas tecnologias, portanto pode ser aproveitada em um universo maior de problemas.

A seguir serão apresentados o modelo conceitual e a arquitetura projetada, e implementada, para o framework, assim como suas principais características e vantagens de uso.

5.1.0.1 Modelo conceitual

A figura 5.1 mostra o modelo conceitual do framework. Conforme citado anteriormente, o framework suporta dois tipos de modelos: confiança e reputação. Em ambos os casos encontramos a figura do agente (ou parte), que se trata de uma entidade que realiza interações com outras entidades, interações essas que são o alvo de estudo dos modelos. Portanto no framework existem os conceitos de *agentes* e *interação*, onde um agente pode ter realizado uma, nenhuma ou várias interações com outros agentes.

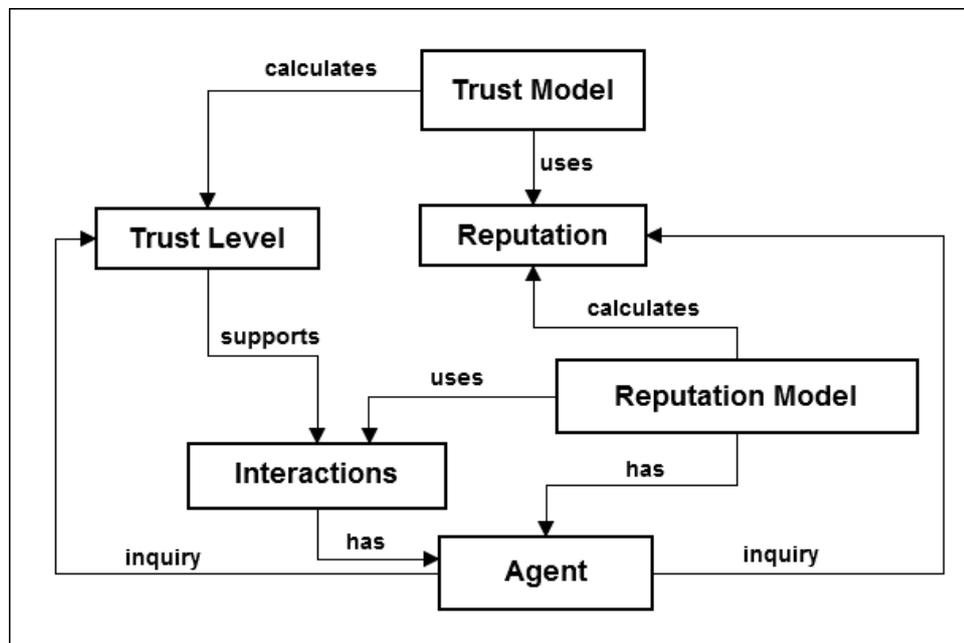


Figura 5.1: Modelo Conceitual

Os modelos de reputação computam todas as interações ocorridas entre agentes para criar uma base de reputações sobre cada um deles. Esta base é disponibilizada para que as reputações possam ser utilizadas como entrada do modelo de confiança, ajudando assim na inferência do nível de confiança em um dado agente. Este nível de confiança pode então ser utilizado, em conjunto com a própria reputação, para ajudar na previsão do resultado da próxima interação com o agente sendo avaliado.

A seguir mostramos um exemplo da aplicação do framework no contexto do Catan. Neste jogo há diversos agentes que realizam interações com outros agentes. Estes agentes

podem ser de um dos quatro tipos apresentados no capítulo 4: *pragmático*, *cooperativo*, *antissocial* ou *social*. Cada agente do tipo *social* terá o framework acoplado a ele. Este acoplamento fará com que cada um deles tenha sua própria percepção sobre os demais agentes, atribuindo assim reputações diferentes para cada adversário. Este tipo de sistema de reputação é caracterizado como *distribuído*.

De um ponto de vista mais técnico, este sistema distribuído será integrado com o jogo através da criação de uma instância do framework para cada agente do tipo *social* presente no jogo. Desta forma cada *social* possuirá sua própria base de reputações e poderá desfrutar das vantagens dos modelos de reputação e confiança presentes no seu framework para avaliar suas próprias transações com os demais agentes.

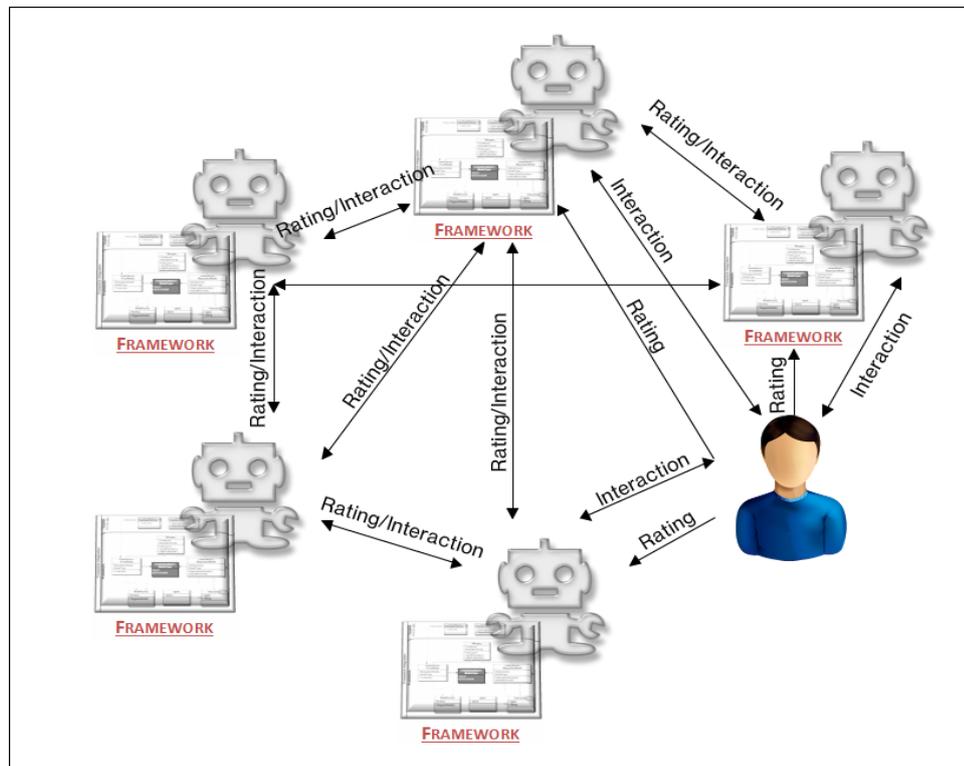


Figura 5.2: Framework em um contexto distribuído

Já a figura 5.2 ilustra o uso do framework em um jogo genérico multiagente que possui um jogador humano, com os agentes sendo representados pelos robôs mostrados na figura. As setas ligando as entidades representam as interações ocorridas entre as mesmas. De acordo

com o esquema distribuído mostrado na figura, todos os NPCs possuem sua própria instância do framework e cada feedback coletado a cada interação de um dado agente serve como input para o modelo de reputação deste agente. Esta ilustração serve para visualizarmos também que o framework poderia ser utilizado em jogos com a presença de humanos, que é o objetivo final dos estudos realizados. Porém todas as partidas de Catan realizadas nos experimentos deste trabalho utilizaram somente NPCs por questão de ser mais fácil realizar muitas simulações automáticas deste jeito.

Além do esquema distribuído existe também uma abordagem mais genérica. Considere os casos em que temos jogos do gênero *simulação*, como por exemplo jogos onde o jogador é o técnico de um time de futebol, de uma escuderia de Fórmula 1, ou de qualquer outro esporte. Nestes casos algumas decisões como a contratação de um membro do time ou até mesmo o destino de uma partida em particular podem ser influenciados pela reputação de cada técnico, ou até mesmo dos próprios jogadores envolvidos.

Neste contexto o uso de um sistema de reputações *centralizado* é mais adequado. Nos sistemas centralizados todas as interações ocorridas com um dado agente contribuirão para a construção de uma reputação universal deste agente. Como podemos observar na figura 5.3 o framework também pode ser aplicado para este tipo solução.

A figura 5.3 apresenta um novo elemento que representa o banco de dados, que armazena as reputações de todos os elementos do jogo através de uma instância única do framework. O banco de dados aparece na figura desta forma para representar o fato do framework não estar acoplado a nenhum NPC específico do jogo. Nesta configuração a base de reputações é um objeto independente que se comunica com todos os NPCs compartilhando as informações de reputação de cada um deles.

Podemos observar na figura 5.3 que somente as setas que interligam os agentes representam as interações entre os mesmos. Já as setas que ligam os agentes ao banco de dados representando a computação do feedback para cada interação ou a consulta de reputações. A reputação de cada agente será a mesma se consultada por qualquer elemento do jogo, e representará a resultante dos feedbacks de todas as interações já ocorridas com o agente alvo.

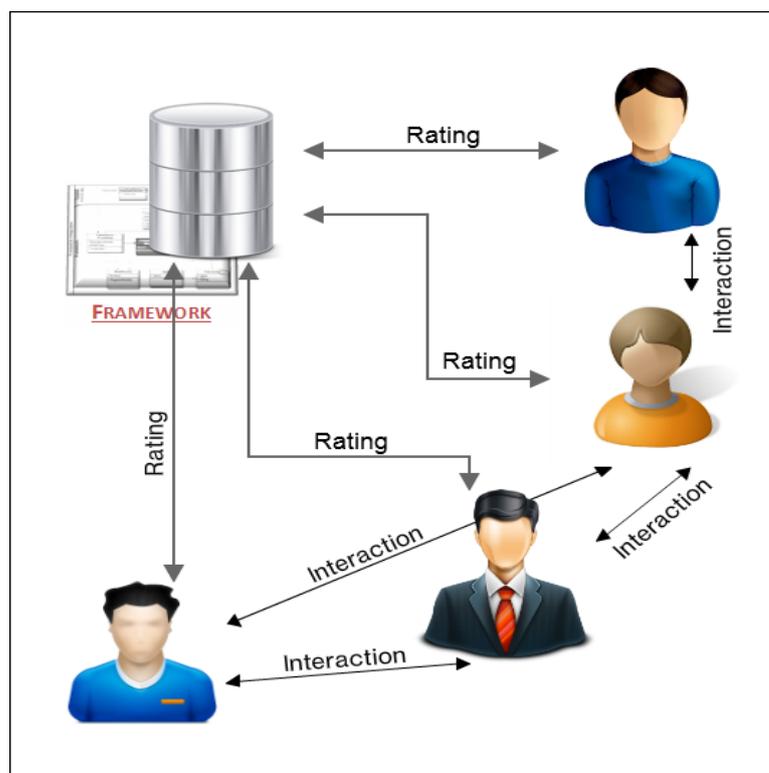


Figura 5.3: Framework em um contexto centralizado

5.1.0.2 Arquitetura do Framework

Nesta seção iremos apresentar os componentes que formam o framework, utilizando como exemplo a aplicação do mesmo nos agentes do tipo *social*. Conforme apresentado na figura 5.4, o objeto base do framework é o *TREngine*, que se trata de uma classe que encapsula as funcionalidades dos modelos de confiança e reputação. Este objeto é a interface de comunicação entre cada agente e seu framework.

As principais funcionalidades deste objeto é guardar os ratings e recuperar o nível de confiança ou a reputação de cada agente com o qual o *social* realizou interações. Portanto através da chamada do método *RateAgent* é criado um novo registro de interação com o agente alvo e conseqüentemente atualizada a reputação do mesmo. Já os métodos *AgentReputation* e *AgentTrustLevel* da *TREngine* encapsulam as respectivas funcionalidades dos modelos de reputação e confiança e são utilizados, respectivamente

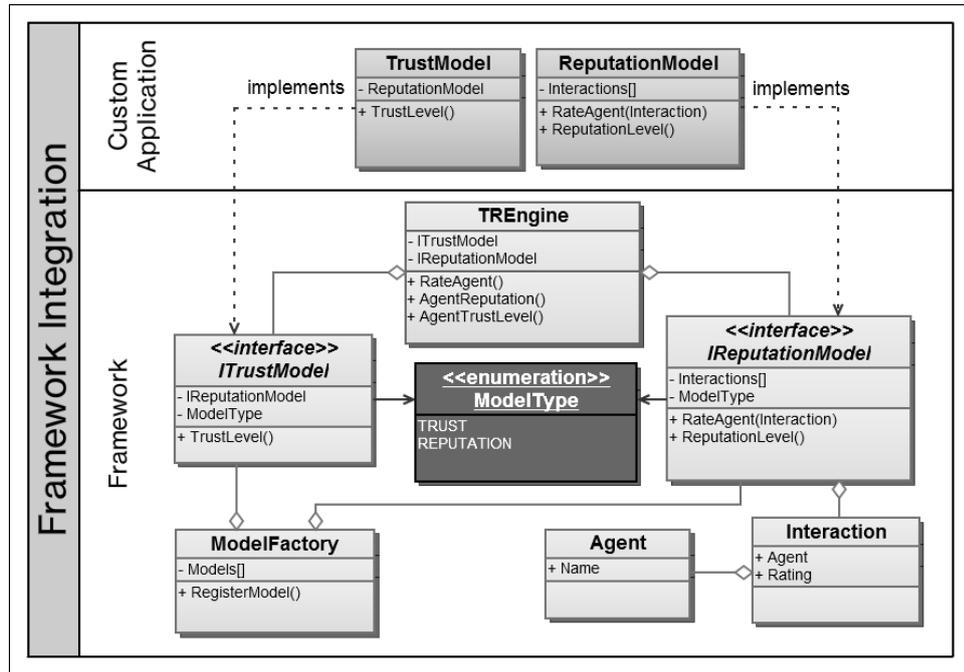


Figura 5.4: Arquitetura do Framework

para consultar a reputação atual de um dado agente, e utilizar o modelo de confiança para inferir o nível de confiança em uma transação com este agente.

Durante a instanciação de uma *TREngine* os modelos de confiança e reputação devem ser informados. Nos nossos estudos implementamos somente os modelos apresentados na seção 4.2.2, porém outros modelos poderiam ser implementados. A fábrica de modelo contém todos os modelos de confiança e de reputação implementados. Caso os usuários do framework queiram implementar um novo modelo de confiança (classe *TrustModel*) ou reputação (classe *ReputationModel*), as interfaces respectivas *ITrustModel* e *IReputationModel* devem ser utilizadas nessa implementação. As classes implementadas devem ser registradas na fábrica através do método *RegisterModel*.

Cada vez que o *social* for realizar uma ação no jogo que envolva algum outro agente, o modelo de confiança utiliza o modelo de reputação para realizar consultas da reputação atual do agente alvo. As informações sobre o nível de confiança do agente alvo são fornecidas através do método *AgentTrustLevel*. O modelo de reputação disponibiliza as informações de reputação do agente alvo através do método *AgentReputation*. Após a realização da ação

o *social* computa o resultado da interação através do método *RateAgent*. Este cômputo é realizado através da informação de quem é o agente sendo avaliado e do rating que este agente recebeu na interação. O rating pode ser um valor numérico, percentual ou *booleano* (verdadeiro ou falso), com este último sendo aplicado em casos onde se deseja utilizar o modelo de confiança para tomadas de decisões diretas. A escolha do tipo de valor para o rating é realizada no momento da chamada do método *RateAgent*, que possui três assinaturas diferentes, cada uma contemplando um tipo de valor. No caso do Catan implementamos as chamadas ao método *RateAgent* utilizando sempre a versão com rating *booleano*.

5.2 Métricas

Com o intuito de encontrar métricas que representem fielmente o desempenho de um agente em uma partida de Catan começamos a realizar uma análise mais atenta sobre os principais componentes presentes no jogo. Começamos pelo principal objetivo de cada jogador que é ganhar uma partida. Para alcançar este objetivo o mesmo deve conseguir juntar o mais rápido possível uma certa quantidade de pontos. Enumeramos então os quatro modos de aquisição de pontos: construção de aldeia ou cidade, carta de pontos, maior exército da cavalaria ou maior estrada comercial. Podemos observar que todas as opções dependem de recursos para serem executadas, seja na aquisição de construções, estradas ou cartas. Já fica claro com uma primeira análise superficial que a aleatoriedade é um componente forte para o sucesso dos jogadores. A principal fonte de recursos são os dados, além do jogador também ter que contar com o fator probabilístico para obter as cartas corretas.

Porém podemos observar que só ter sucesso nos dados não garante a vitória em todas as partidas. Planejar uma boa estratégia de posicionamento no mapa pode aumentar bastante a probabilidade de obtenção de recursos. Os números presentes no tabuleiro não possuem a mesma probabilidade de serem sorteados (ver tabela 5.1). As probabilidades da tabela 5.1 representam as probabilidades de sorteio de números em dois dados de seis faces. Então caso o jogador consiga otimizar seu campo de cobertura do mapa balanceando o acesso à maior variedade de recursos com as probabilidade de obter cada recurso, ele poderá obter

uma grande vantagem em relação aos adversários. Podemos dessa forma identificar outro fator que contribui para o destino de uma partida que é a vantagem de posicionamento.

Número	Probabilidade
2	2,78%
3	5,56%
4	8,33%
5	11,11%
6	13,89%
7	16,67%
8	13,89%
9	11,11%
10	8,33%
11	5,56%
12	2,78%

Tabela 5.1: Probabilidade de sorteio dos números pelos dados

Porém mesmo nos casos em que um jogador não tenha a vantagem de posicionamento existe ainda a possibilidade dele realizar negociações. Ele poderá ter acesso aos recursos necessários através da troca nos portos ou com o banco. Como as trocas com portos e bancos são muito dispendiosas há casos em que o jogador deverá recorrer aos demais jogadores. Mas para que estes recursos possam ser obtidos dessa forma o jogador depende do consentimento de um adversário que está concorrendo com ele para a vitória da partida. Já em outros casos os recursos poderão ser obtidos facilmente através de alianças formadas para retardar o avanço de um terceiro adversário. Estas interações sociais definem o que chamamos de fator de negociações. O avanço de um jogador durante uma partida pode por exemplo ser acelerado por uma onda de oportunidades de negociações na partida.

Os fatores macro identificados se complementam no sentido de que cada fator é independente dos demais e os três juntos conseguem definir como foi a performance de um jogador em uma partida de Catan. Essa independência entre os fatores também nos permite uma generalização dos conceitos para que possam ser utilizados em outros jogos. Podemos classificar então alguns fatores macros identificados:

1. **Vantagem Inicial** - A vantagem inicial representaria o ranking dos jogadores que possuem maior probabilidade de ganhar o jogo em relação aos demais, dadas as condições iniciais da partida. No Catan, tais condições correspondem ao posicionamento dos jogadores no mapa.
2. **Aleatoriedade** - Fator que representa a presença de aleatoriedade no jogo. No Catan, este fator corresponde aos números sorteados nos dados.
3. **Poder de Negociação** - Contabiliza as oportunidades de negociação entre os jogadores. O jogador mais beneficiado por este fator é aquele que consegue fechar o maior número de negócios. No Catan, os negócios correspondem à trocas de recursos que podem levar às construções ou compra de cartas.

Nos cenários hipotéticos apresentados conseguimos isolar os fatores macros identificados como sendo os principais componentes do sucesso de um jogador no decorrer de uma partida. Estes fatores deram origem a um conjunto de métricas que utilizamos para medir a performance de cada jogador durante uma partida. Estas métricas nos deram indicativos de quais fatores contribuíram mais ou menos para a performance dos jogadores. A seguir apresentaremos as métricas utilizadas para medir a performance de cada jogador.

5.2.1 Métrica de Vantagem Inicial

Criamos uma métrica para avaliar o posicionamento de um dado jogador no mapa durante a partida. Esta avaliação é feita através de uma análise dos terrenos pertencentes ao jogador. Chamamos esta métrica de *Aproveitamento dos Terrenos* (AT_i). Ela contabiliza a quantidade de recursos adquiridos durante a partida pelo jogador. A quantidade de recursos é atualizada de acordo com as aldeias e cidades que o jogador possui no momento do sorteio dos números em uma dada rodada. O valor final da métrica indica quantos recursos no total foram adquiridos pelo jogador, independente do tipo de recurso. Esta é uma medida de quanto um jogador estava mais propenso a ganhar recursos em relação aos adversários. Porém esta métrica ainda não avalia que tipos de aquisições puderam ser realizadas durante a partida com os recursos obtidos.

5.2.2 Métrica de Aleatoriedade

No campo da aleatoriedade pensamos em uma métrica que indicasse quanto um jogador foi favorecido pelos números sorteados ao longo de uma partida. Esta medida pode ser entendida também como sendo um indicador de *qualidade* dos recursos obtidos aleatoriamente de um jogador. Quanto mais itens um jogador conseguir adquirir com recursos vindos dos dados menos o jogador precisará negociar com os adversários. Portanto criamos uma métrica para medir a *qualidade* dos recursos obtidos aleatoriamente ou de negociações. Passamos então a monitorar o percentual de recursos utilizados nas aquisições que foram provenientes de negociações. Sendo assim denominamos esta métrica de *Contribuição das Negociações* (CN_i).

Esta métrica primeiramente monitora e segrega os recursos obtidos dos dados e das negociações em dois grupos. Ao longo da partida, na medida em que as aldeias, cidade e estradas forem sendo construídas, a métrica conta quantos recursos de cada grupo foram utilizados. Representando a quantidade de construções realizadas com recursos oriundos dos dados como QRD_i e a quantidade de construções que utilizaram recursos de negociações como QRN_i , podemos chegar ao valor final de CN_i , através da seguinte fórmula:

$$CN_i = \frac{QRN_i}{QRD_i + QRN_i}, i \in Jogadores \quad (5.1)$$

Esta quantidade de recursos nos mostra o quanto cada jogador ficou dependente das negociações. Quanto menor for esta dependência significa que melhor é a *qualidade* dos recursos obtidos dos dados. Caso um jogador consiga realizar todas as construções de uma partida com recursos provenientes dos dados, a métrica apresentará valor nulo.

5.2.3 Métricas de Negociações

Representamos o fator de *poder de negociação* através de sete métricas que indicam quantidades de ofertas, propostas e negócios fechados. Criamos as métricas de um modo que as ofertas realizadas por um dado jogador fossem contabilizadas separadamente das ofertas recebidas pelo mesmo. Portanto neste trabalho chamaremos as ofertas realizadas por um dado jogador de *Ofertas* e as ofertas recebidas de *Propostas*. A divisão adotada

para as métricas de negociações tem por objetivo também separar as medidas que indicam o quanto um jogador foi ativo em termos de negociação durante uma partida, das medidas que apontam o quanto os adversários foram resistentes a negociações. O poder de negociação de cada jogador, no Catan, é avaliado pelas seguintes métricas:

- *Quantidade de Ofertas (QO_i)* - Representa a quantidade total de ofertas de negociação realizadas pelo jogador i . Esta métrica é composta pela soma das métricas QOA_i e QOR_i , que representam respectivamente a quantidade de ofertas realizadas pelo jogador i que forma aceitas e rejeitadas pelo adversário.
- *Quantidade de Propostas (QP_i)* - Representa a quantidade total de propostas de negociação recebidas pelo jogador i . Esta métrica é composta pela soma das métricas QPA_i e QPR_i , que representam respectivamente a quantidade de propostas recebidas pelo jogador i que forma aceitas e rejeitadas pelo mesmo.
- *Quantidade de Negociações (QN_i)* - Representa a quantidade total de negociações fechadas pelo jogador i . Esta métrica também pode ser composta pela soma das métricas QOA_i e QPA_i .

Todas as métricas de negociações foram calculadas individualmente por adversário e totalizadas. Deste modo é possível fazer uma análise geral, como por exemplo qual a quantidade total de negociações realizadas por um dado jogador, como também uma análise isolada sobre a quantidade de negociações realizadas entre o mesmo jogador e um adversário específico. A tabela 5.2 apresenta um resumo das métricas utilizadas.

No próximo capítulo apresentaremos as análises e os resultados obtidos com os experimentos.

Sigla	Métrica	Descrição
AT_i	Aproveitamento dos Terrenos	Quantidade de recursos obtidos pelo jogador
CN_i	Contribuição das Negociações	$CN_i = \frac{QRN_i}{QRD_i + QRN_i}$, onde QRN são os recursos de negociação e QRD são os recursos dos dados
QO_i	Quantidade de Ofertas Realizadas	$QO_i = QOA_i + QOR_i$
QP_i	Quantidade de Propostas Recebidas	$QP_i = QPA_i + QPR_i$
QN_i	Quantidade de Negociações Fechadas	$QN_i = QOA_i + QPA_i$

Tabela 5.2: Métricas

6 RESULTADOS E ANÁLISES

Antes de darmos início às simulações precisávamos ter um maior entendimento sobre as análises a serem realizadas. Este entendimento pôde ser adquirido através da implantação de um controle maior sobre os eventos ocorridos em uma partida. Para isso adicionamos alguns novos parâmetros às simulações criando dois modos de execução que chamamos de *fixo* e *normal*. Em ambos os modos as simulações foram realizadas com partidas de 4 jogadores. O modo *normal* consiste na execução padrão de uma partida.

O modo *fixo* foi criado com o intuito de eliminar o fator aleatório das partidas, tornando o jogo determinístico para uma dada configuração de tabuleiro e ordem dos jogadores. Este modo fixa os números dos dados que serão gerados assim como as disposições dos terrenos no mapa, portos e números dos terrenos. Com todas essas variáveis fixadas, o decorrer das partidas simuladas foram idênticos, com os jogos obtendo os mesmos resultados. Inicialmente foram realizadas simulações somente com agentes do tipo *pragmático*, que são os agentes com comportamento já implementado originalmente no *JSettlers*. Estas simulações iniciais possibilitaram a criação de uma base de comparação para a adição posterior de novos agentes com comportamentos diferentes.

O objetivo destes primeiros experimentos em modo *fixo* foi comparar o comportamento de agentes de diversos tipos nas mesmas condições de jogo. Foram então realizadas simulações com todas as combinações possíveis de agentes *pragmáticos*, *cooperativos*, *antissociais* e *sociais*.

Feitas as análises primárias do modo *fixo* passamos para os experimentos em massa realizados para fins de análises de performance e comportamento dos diversos tipos de

Agentes	Qtd. Simulações
Cooperativo e Pragmático	370
Antissocial e Pragmático	370
Social e Pragmático	370
Cooperativo, Antissocial e Pragmático	350
Cooperativo, Social e Pragmático	350
Antissocial, Social e Pragmático	350
Todos	200

Tabela 6.1: Quadro de Simulações

agentes durante as partidas. As simulações em massa foram realizadas em modo *normal*, o que implicou que todos os parâmetros foram deixados aleatórios acarretando mudança de configuração do tabuleiro, números sorteados e ordem dos jogadores. A única parametrização controlada nessas simulações foi a quantidade de agentes de cada tipo que participaram de cada simulação. A tabela 6.1 apresenta a quantidade total de simulações realizadas em ambos os modos por tipos de agentes envolvidos nessas simulações.

Após realizarmos a execução de todas as simulações aqui definidas, chegamos aos resultados apresentados nas próximas seções.

6.1 Posicionamento no mapa e terrenos

Começaremos analisando a influência do posicionamento no mapa sobre a performance de cada agente. Para isso vamos olhar para a métrica de aproveitamento dos terrenos (AT) obtida em cada uma das simulações. Esta métrica indica quantos recursos foram obtidos por cada agente através de sorteio nos dados. Faremos a análise de AT separadamente para as simulações realizadas no modo *fixo* e *normal*.

A figura 6.1 apresenta a métrica AT para os cenários com um agente *cooperativo* no modo *fixo*, em todas as posições possíveis do mapa. Nos gráficos apresentados cada barra corresponde ao valor obtido em cada métrica para um agente específico. Os agentes *pragmáticos* foram identificados nas simulações com o título de *Droid*, pois este já era o nome nativo dos agentes do *JSettlers*. O índice que segue o nome do agente indica a posição deste agente na ordem de turnos da partida. Portanto o agente *Droid 2*, por exemplo, ocupou a

segunda posição na ordem de jogadas. O agente que possui um asterisco (*) ao lado do seu nome foi o vencedor da partida.

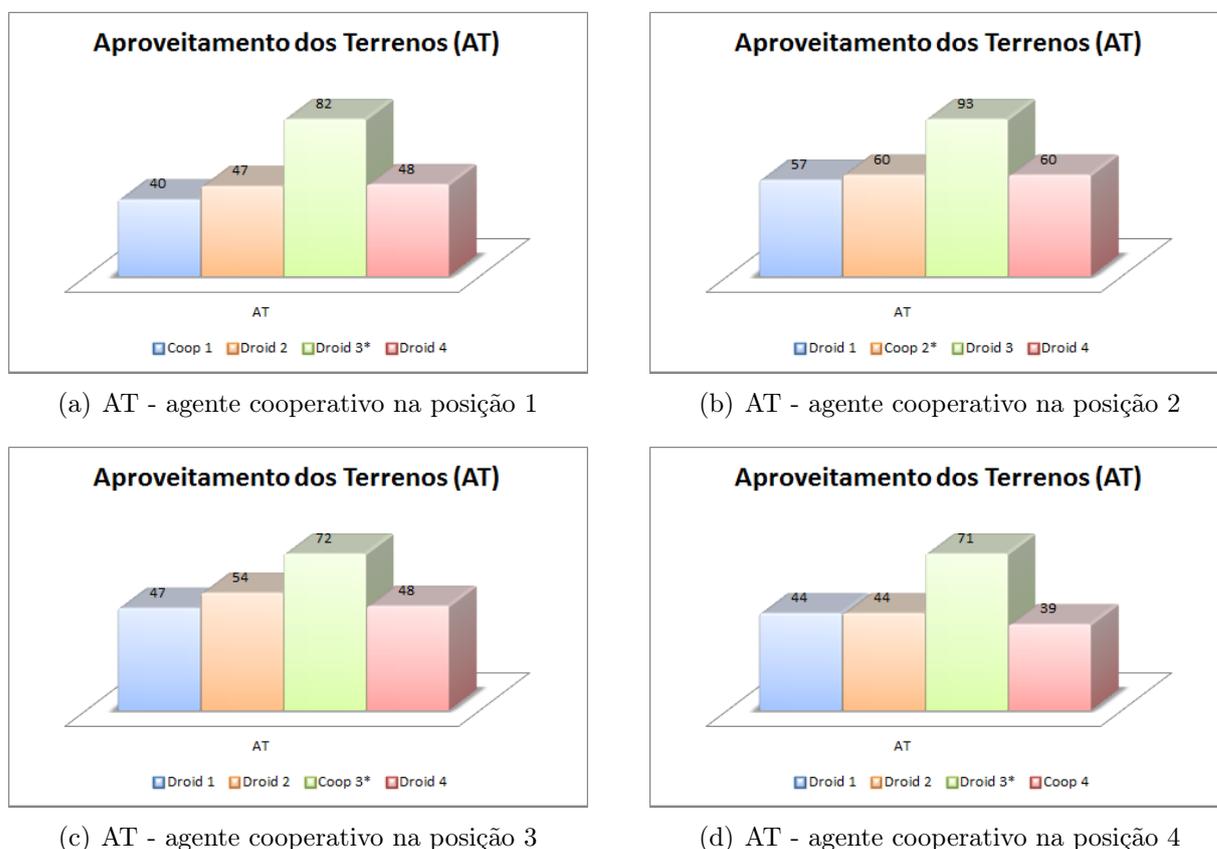


Figura 6.1: Simulações *fixo* com um agente *Coop*

Estas proporções de AT se repetiram também nas simulações com agentes dos tipos *antissociais* e *sociais*, no modo *fixo*. Isso se dá pelo fato das simulações serem realizadas com configurações fixas de posicionamento do mapa e números sorteados, com este fator não variando muito para simulações do tipo *fixo*. As figuras 6.2(a) e 6.2(b) indicam que o aproveitamento dos terrenos também se manteve com a mesma proporção para todas as simulações com dois e três agentes *cooperativos*. Esta proporção está em linha com o observado na simulação somente com agentes *pragmáticos*.

Este padrão da métrica AT se manteve nas simulações realizadas em todos os cenários possíveis do modo *fixo*. Este é um indicativo de que o posicionamento dos agentes no mapa exerceu uma influência constante e com a mesma proporção em todas as partidas. Podemos

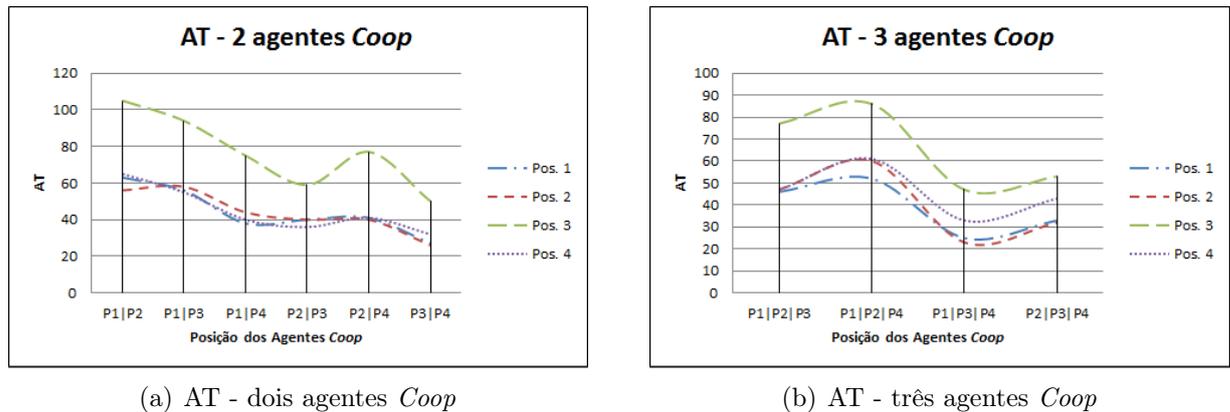


Figura 6.2: Análise da métrica AT por posição dos agentes *Coop*

então concluir que a performance de cada agente não sofreu influência dos números sorteados nos dados no modo *fixo*.

Já no modo *normal* observamos que a métrica AT se manteve bem distribuída para todas as posições em todas as simulações. Este comportamento indica que as vantagens iniciais se mantiveram na média com a mesma proporção para cada posição. Podemos concluir que a estratégia de construção e o posicionamento no mapa não foram fatores determinantes para o sucesso dos agentes. Desta forma podemos concluir também que o sucesso dos jogadores foi decidido pelas suas habilidades e estratégias de negociações.

6.2 Contribuição das negociações

Vamos analisar agora a métrica que indica a contribuição realizada pelas negociações de um dado jogador durante uma partida. A métrica CN indica a parcela dos recursos utilizados em construções que foram adquiridos através das negociações de um agente. O valor desta métrica para cada jogador é definido pela fórmula 5.1.

Podemos observar na figura 6.3 a relação entre a quantidade de pontos obtidos e a métrica CN de cada jogador. Cada ponto do gráfico representa um jogador em uma única simulação. O gráfico foi gerado a partir dos dados de todas as simulações realizadas em ambos os modos *fixo* e *normal*. A reta apresentada no gráfico representa a regressão linear dos pontos do gráfico em relação às variáveis dos dois eixos.

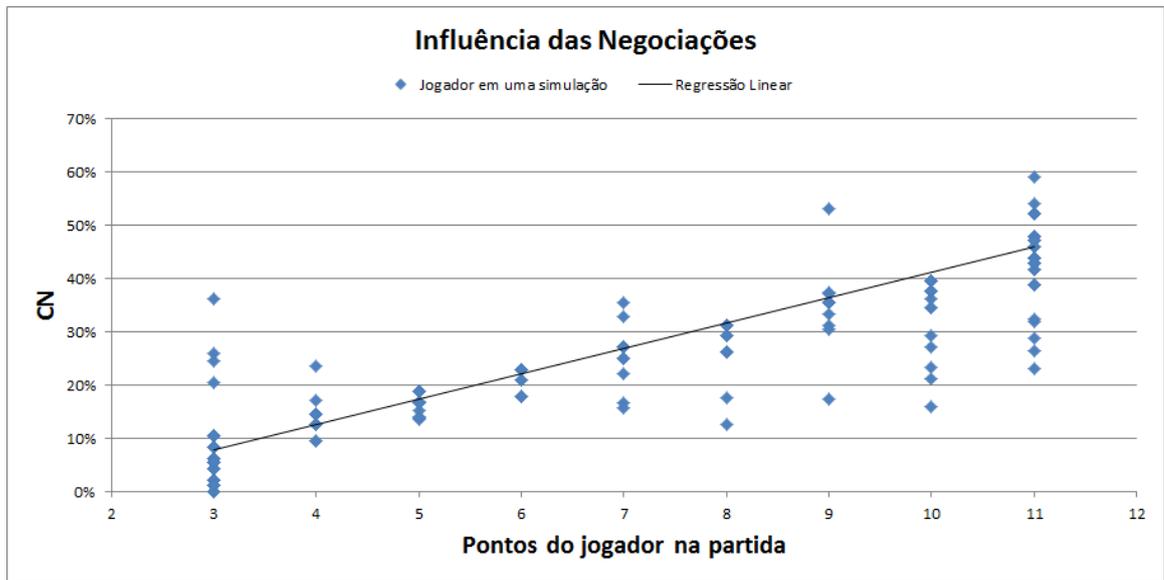


Figura 6.3: Contribuição das negociações na performance dos jogadores

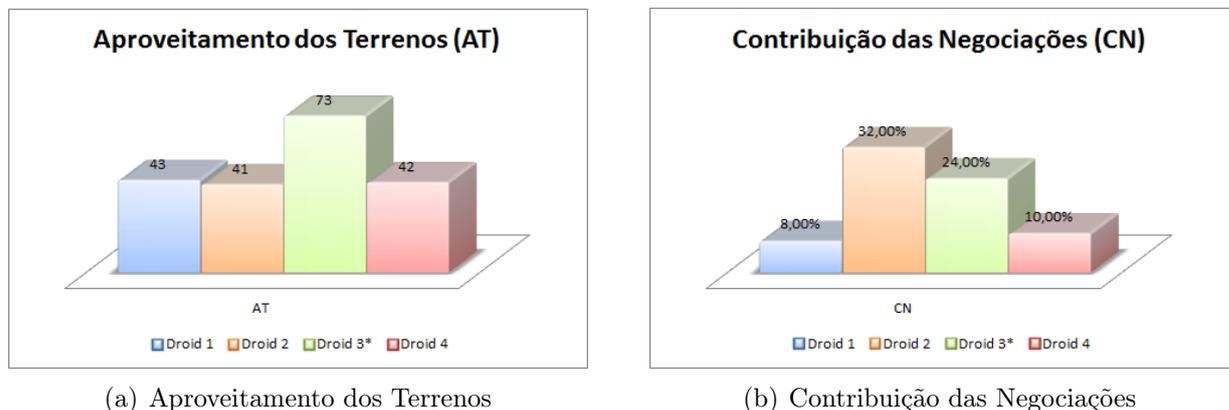
A regressão nos mostra que as variáveis CN e $Pontos$ são proporcionais, indicando que a quantidade de pontos obtidos por um jogador durante uma partida está proporcionalmente ligada com a métrica CN . A quantidade de pontos adquiridos por um jogador nos dá uma medida direta da performance deste jogador em uma partida. Sendo assim concluímos que a performance de cada agente pode ser descrita em grande parte pela quantidade de negócios fechados que contribuíram para as construções. O que reforça a ideia de que o sucesso dos jogadores está relacionado com suas estratégias de negociações.

6.3 Modo *fixo*

As análises do modo *fixo* visam nos ajudar a ter um entendimento melhor do comportamento dos diversos tipos de agentes isoladamente, quando postos nas mesmas condições de jogo. Conforme dito anteriormente, neste modo todos os parâmetros da partida são fixados, fazendo com que o desfecho da mesma varie somente de acordo com as decisões tomadas pelos agentes nos momentos de interações com outros agentes.

6.3.1 Simulação base

Iniciamos os estudos desse modo através de uma primeira simulação que chamamos de *simulação base*. A simulação base foi realizada com quatro agentes *pragmáticos*. Esta simulação servirá como base para todas as demais análises realizadas neste modo. Em todas as outras simulações utilizamos as mesmas configurações de mapa, posição inicial no mapa e números sorteados nos dados, desta simulação inicial. Esta primeira simulação se mostrou muito importante pois nos mostrou algumas características naturais resultantes dessas configurações de tabuleiro, posicionamento e números sorteados. As figuras 6.4(a) e 6.4(b) mostram os valores obtidos para as métricas de aproveitamento dos terrenos (AT) e contribuição das negociações (CN), respectivamente.



(a) Aproveitamento dos Terrenos

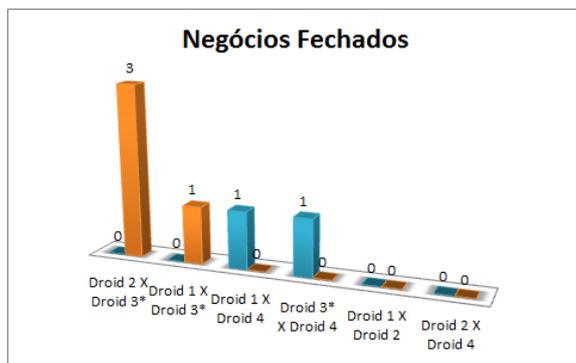
(b) Contribuição das Negociações

Figura 6.4: Simulação *fixo* com quatro agentes pragmáticos

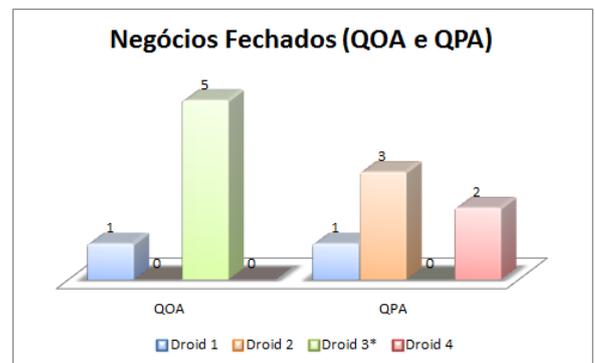
Nesta primeira simulação o agente vencedor da partida foi o *Droid 3*. Analisando a figura 6.4(b) podemos observar que a métrica CN está com valores baixos para o *Droid 1* e para o *Droid 4*. Valores baixos indicam que os agentes não utilizaram muitos recursos provenientes de negociações para realizar construções. Podemos observar, para o agente vencedor *Droid 3*, que 24% dos recursos utilizados em construções foram obtidos com negociações. De modo complementar podemos analisar também a métrica de aproveitamento dos terrenos (AT) (figura 6.4(a)) que indica quantos recursos foram obtidos por cada agente através de sorteio nos dados. O vencedor foi o agente que mais adquiriu recursos através dos dados, contabilizando 73 recursos. Estas métricas combinadas indicam que ele conseguiu uma boa quantidade de recursos, além de ter conseguido complementar a

falta de recursos necessários para construções ao longo da partida, com as negociações. Como ele também foi o vencedor, podemos concluir que a obtenção desses recursos complementares foi realizada de modo eficiente. Porém ainda não visualizamos como foram realizadas estas negociações.

A figura 6.5(a) mostra a quantidade de negociações (métrica QN) realizadas durante a partida, aberta por par de agentes. Cada par de barras mostra quantas negociações foram fechadas a partir de propostas de um dos dois agentes envolvidos na negociação. Podemos observar através do primeiro par de barras que o *Droid 3* fechou três negociações ao longo da partida com o *Droid 2*. Comparativamente com os adversários, ele foi o agente que mais conseguiu fechar negociações, estando presente em 83% de todos os negócios fechados na partida. Outro fato interessante de observarmos diz respeito a quais agentes estavam mais dispostos a fazer negociações. Podemos observar também que todas as negociações realizadas pelo *Droid 3* foram iniciadas pelo próprio agente. Este fato ainda pode ser mais bem observado nas métricas QOA e QPA da figura 6.5(b). A métrica QOA nos diz quantas propostas feitas pelo agente foram fechadas de fato, com a métrica QPA nos mostrando quantas propostas recebidas pelo agente foram aceitas pelo mesmo. Estas métricas mostram que o *Droid 3* só fechou os negócios que julgou interessantes para ele, que é o comportamento esperado dos agentes *pragmáticos*.



(a) Negócios fechados por par de agentes

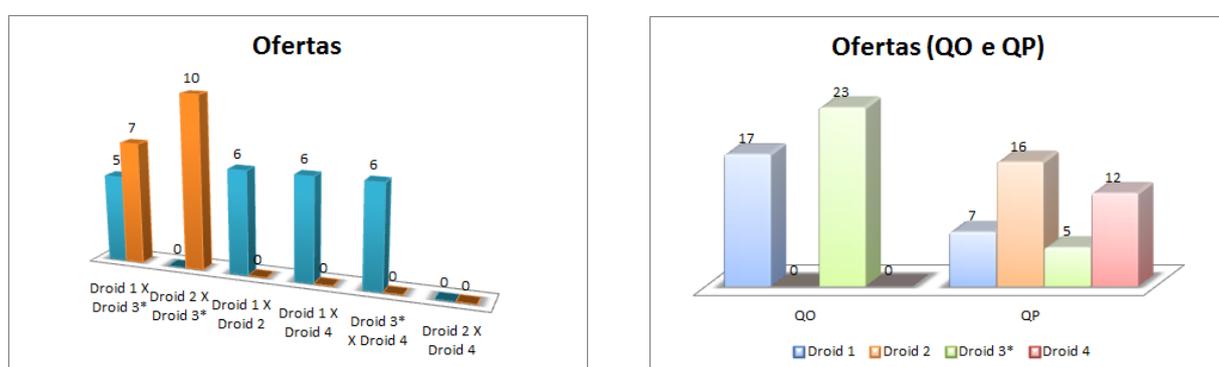


(b) Negócios fechados por propostas feitas (QOA) e recebidas (QPA)

Figura 6.5: Simulação *fixo* com quatro agentes pragmáticos

Apesar do *Droid 3* não ter fechado nenhum negócio oriundo de uma proposta recebida, ele participou ativamente do quadro geral de ofertas da partida. Através da

figura 6.6(a) podemos analisar a distribuição de ofertas do *Droid 3* com relação aos demais agentes. Este gráfico nos informa que os principais parceiros de propostas do *Droid 3* foram os agentes *Droid 1* e *Droid 2*. No total ele estava presente em 70% de todas as ofertas da partida. A figura 6.6(b) nos dá uma visão melhor sobre quais agentes realizaram ou receberam mais propostas de negociação. Através da métrica QO podemos observar que o *Droid 3* realizou muitas ofertas, o que mostra que ele estava precisando de recursos para completar suas construções. Já a métrica QP mostra que o *Droid 3* foi o agente que menos recebeu propostas.



(a) Ofertas da partida por par de agentes

(b) Ofertas feitas (QO) e propostas recebidas (QP) da partida

Figura 6.6: Simulação *fixo* com quatro agentes pragmáticos

Cruzando os dados das figuras 6.5(a) e 6.6(a) podemos observar que apesar de terem sido realizadas mais propostas entre o *Droid 3* e o *Droid 1*, foram realizadas muito mais negociações entre o *Droid 3* e o *Droid 2*. Podemos concluir então que existe uma parceria natural entre as posições 2 e 3 do mapa para a simulação realizada. Estes dois agentes foram responsáveis por 50% dos negócios fechados durante a partida. A partida então foi vencida pelo *Droid 3* porque o mesmo conseguiu obter um bom aproveitamento dos terrenos ganhando uma vantagem inicial, além de ter realizado boas negociações contando com uma forte parceria do *Droid 2*.

Pudemos verificar nesta seção que, dadas as configurações de partida do modo *fixo*, a posição três foi a vencedora da partida e a que mais conseguiu recursos provenientes dos dados, apesar de um quarto dos recursos úteis para construções terem vindo de negociações. Além disso as posições dois e três mostraram possuir uma parceria para negociações e as

posições um e três mostraram possuir um grande um potencial de realização de negócios, com muitas ofertas. Tendo entendido as vantagens inerentes à configuração de tabuleiro e demais fatores no modo *fixo*, assim como os laços mais fortes de negociações decorrentes também dos diversos fatores de configurações, temos uma base para analisar as trocas de agentes nas demais simulações deste modo.

6.3.2 Interação dos *pragmáticos* com os demais agentes

No caso das simulações com *cooperativos* e *pragmáticos* estes últimos realizaram muito poucas ofertas comparativamente com os agentes *cooperativos*. Os *cooperativos* estavam tão abertos a negócios que as necessidades dos *pragmáticos* já eram supridas pelos negócios fechados entre eles. Nas simulações com dois agentes de cada tipo, os *cooperativos* saíram vitoriosos em 100% das partidas. Quanto maior o número de agentes *cooperativos* nas partidas, pior foi a performance dos *pragmáticos*. Os *cooperativos* em grupos tendem a se ajudar criando um efeito de exclusão natural dos *pragmáticos*. Já nas interações entre *pragmáticos* e *antissociais* verificamos que apesar dos agentes *antissociais* produzirem um efeito de baixa nas negociações, eles ainda conseguiram competir de igual para igual com os *pragmáticos*. Em todas as simulações com estes dois tipos de agentes os *pragmáticos* saíram vitoriosos em 50% das partidas. Nas simulações entre *pragmáticos* e *sociais* os agentes *sociais* estavam presentes como vencedores em 67% das simulações com dois e três agentes deste tipo. Esta taxa foi melhor que a alcançada pelas simulações só com agentes *antissociais* e abaixo da atingida pelas simulações com agentes *cooperativos*.

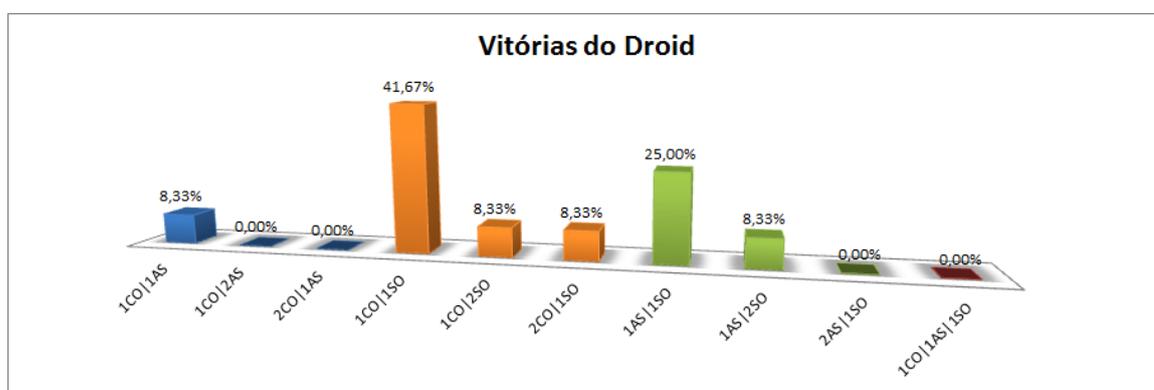


Figura 6.7: Número de vitórias do agente egoísta, na presença dos demais tipos de agentes

A figura 6.7 mostra o percentual de vitórias dos *pragmáticos* quando na presença dos diversos tipos de agentes. Os agentes *pragmáticos* venceram 8% de todas as partidas disputadas por eles no modo *fixo*. Os *pragmáticos* não apresentam muitas chances de vitória quando estão disputando com agentes que possuem algum viés social. Os demais agentes possuem estratégias baseadas em comportamentos sociais. Chamaremos este tipo de estratégia de *estratégia social*. O agente *pragmático* não possui nenhuma estratégia social. Ele funciona através de estratégias racionais. Seu principal objetivo é maximizar sua *função objetivo*, que diz que ele tem que conseguir muitos pontos o mais rápido possível, além de prejudicar o jogador que estiver ganhando a partida (THOMAS, 2003). Este comportamento acaba se traduzindo em um comportamento social aleatório, hora parecendo que ele quer cooperar, hora aparentando que ele quer competir. O comportamento social aleatório dos *pragmáticos* faz com que eles fiquem em uma posição que não tira proveito das interações sociais. A estratégia racional dos *pragmáticos* só consegue boa performance quando está diante de adversários que também possuem uma estratégia racional na tomada de decisões.

6.3.3 Efeito da inclusão dos agentes *sociais, cooperativos e antissociais*

Avaliaremos agora o comportamento dos agentes *sociais, cooperativos e antissociais* no modo *fixo*. Começamos avaliando a inclusão de cada tipo individualmente, para mais à frente analisarmos a mistura dos diferentes tipos de agentes.

No caso dos agentes do tipo *social* nós temos a presença dos modelos de reputação e de confiança que tentam montar um perfil social dos adversários e auxiliar nas decisões. Logo, para essas simulações nós coletamos também os dados de reputação dos adversários.

A figura 6.8 mostra os níveis de reputação do ponto de vista de um agente *social* a cada turno, em uma simulação do modo *fixo* com um agente *social* e três agentes *pragmáticos*. Neste exemplo o agente *social* estava ocupando a posição um do mapa. O agente *Social 1* nesta partida se comportou de maneira cooperativa com relação a seus adversários. O gráfico referente ao *Droid 3* mostra que desde o início do jogo houveram interações diretas ou indiretas entre este agente e o agente *social*. Estas interações levaram o agente *Social 1* a julgar o *Droid 3* como sendo um agente com boas intenções, ou cooperativo. Portanto

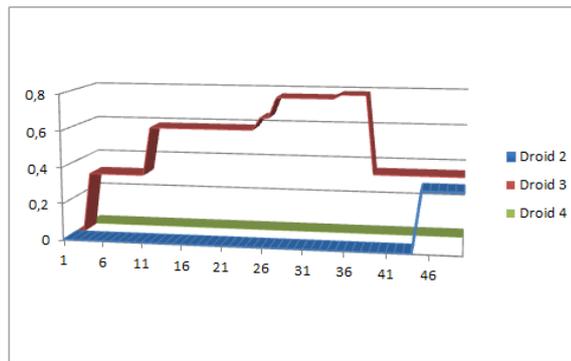


Figura 6.8: Reputações dos adversários - agente *Social 1*

o tratamento dado ao *Droid 3* foi de cooperação, procurando não prejudicá-lo nas decisões onde isso fosse possível, e aceitando-o como um bom parceiro para negociações.

Porém o tratamento cooperativo dos agentes *sociais* não é exatamente igual ao tratamento dado pelos agentes *cooperativos*. Existem casos, como na movimentação do ladrão, em que o agente *social* realiza um ranking dos adversários por ordem decrescente de reputação e escolhe o último do ranking para prejudicar, conforme pode ser visto na tabela 4.2. Já os agentes *cooperativos* procuram primeiro um lugar vazio no mapa para mover o ladrão (ver tabela 4.3), movendo-o para o terreno de outro agente somente se ele não encontrar nenhum lugar vazio. Este tipo de decisão pode ser caracterizada como altruísta. No caso dos agentes *Sociais* as decisões são baseadas em preferências, que são o teor do comportamento social.

Podemos observar na figura 6.8 que o *Social 1* considerou o *Droid 4* como neutro durante toda a partida. O *Droid 2* foi considerado neutro até perto do final da partida, quando o *Social 1* começou a visualizar boas intenções por parte deste agente. Quando um agente *social* classifica um adversário como neutro, ele passa a ter um comportamento imparcial para com o mesmo. Os adversários neutros ainda assim são melhores ranqueados que os adversários com reputação negativa. Os agentes *sociais* conseguiram então atingir bons níveis de negociações devido à assertividade das ofertas. Eles procuraram interagir mais com os adversários que mostraram boa reputação. A alta taxa de conversão das ofertas fez com que a rejeição fosse pequena para este tipo de agente.

Os agentes de comportamento *cooperativo* dominaram o quadro de negócios fechados e se mostraram muito receptivos às negociações. A quantidade de negócios fechados nas partidas que continham este tipo de agente cresceu muito em relação às partidas onde os mesmos não estavam presentes. Grande parte deste crescimento se deu por conta de negociações envolvendo algum agente *cooperativo*. As condições de melhor negociador da partida fez com que os *cooperativos* conseguissem ganhar os pontos necessários para saírem como vencedores na maioria das partidas.

Este efeito foi intensificado com o aumento do número de agentes *cooperativos* nas partidas. As figuras 6.9(a) e 6.9(b) apresentam as negociações por tipo de agentes, abertas por quais agentes realizaram a proposta de negociação. Podemos observar que a grande maioria dos negócios fechados ficou concentrado nos agentes *cooperativos*. Com o aumento do número de agentes do tipo *cooperativo* aumentou também a quantidade de negócios fechados.

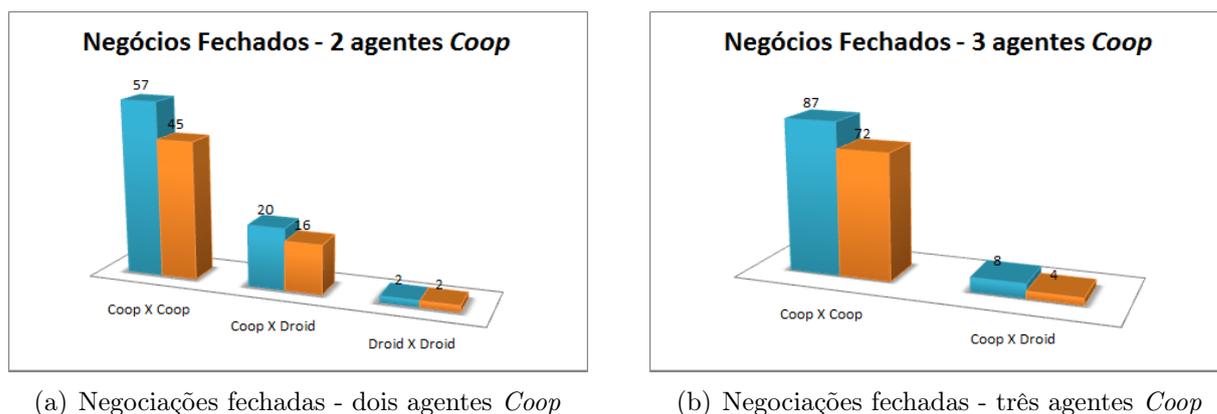


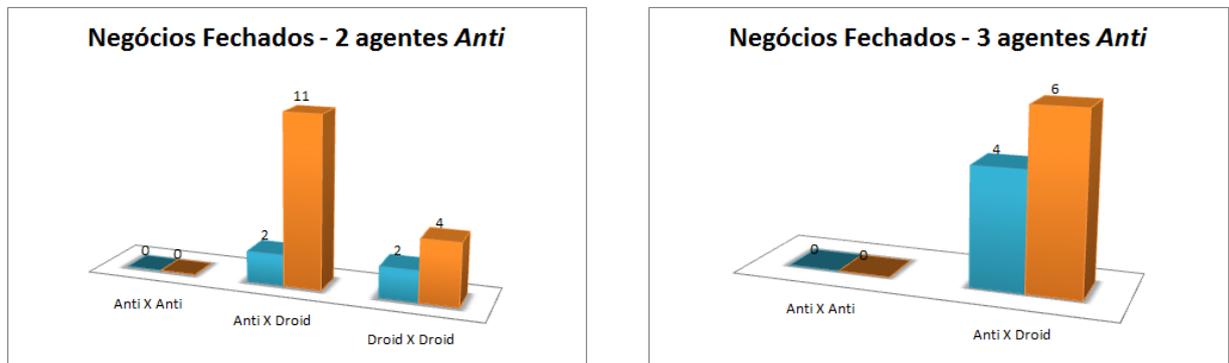
Figura 6.9: Análise das negociações para vários agentes *cooperativos*

O fato dos agentes *cooperativos* terem conseguido fechar mais negócios entre si contribuiu para que os mesmos fossem os vencedores de todas as partidas. Além de serem abertos às negociações os agentes *cooperativos* também possuem um comportamento altruísta. Desta forma estes agentes acabam formando uma espécie de coalisção, excluindo os que não participam dela e se ajudando mais no jogo de uma forma geral.

Com a presença de um agente *antissocial* o número de negociações das partidas foi muito reduzido. Os agentes *antissociais* podem vir a ter um efeito interessante de atrapalhar

os adversários que dependam de sua cooperação. Todos os negócios fechados com agentes *antissociais* foram propostos por ele próprio. Logo, o número reduzido de negociações ocorreu por consequência da pouca disposição do próprio agente em aceitar negociações, somado com a dificuldade do mesmo em achar bons parceiros de negócio. Podemos concluir desta análise que em uma posição com poucas oportunidades de negociação de qualidade e sem vantagem inicial o agente *antissocial* não apresenta uma boa performance.

As figuras 6.10(a) e 6.10(b) mostram que, ao contrário dos agentes *cooperativos*, os agentes com viés *antissocial* não se ajudam em grupo. Eles ficam cada vez mais individuais quanto às suas decisões. Este fato aumenta as chances de sucesso dos indivíduos que são de uma natureza menos competitiva que a deles, pois estes últimos serão os candidatos com maior probabilidade de aceitarem uma oferta proposta por algum agente *antissocial*. A quantidade de negociações sofreu claramente uma baixa em todos os cenários simulados, o que reflete a natureza conservadora dos agentes *antissociais*. De um modo geral a performance dos agentes *antissociais* foi aquém da performance dos vencedores. Este quadro piorou com o acréscimo de agentes desse tipo.



(a) Negócios fechados - dois agentes *Anti*

(b) Negócios fechados - três agentes *Anti*

Figura 6.10: Análise de da métrica QN por posição dos agentes *Anti*

Os agentes *antissociais* possuem um comportamento antissocial em termos de negociações de um modo geral. Eles procuram somente as oportunidades de negociação que julgam como tendo um maior potencial de ganho próprio e costumam rejeitar todas as demais ofertas recebidas. Caso suas próprias ofertas não tragam recursos de qualidade eles ficam dependentes de uma boa vantagem inicial para conseguirem uma vitória. Este tipo

de comportamento fechado para negócios acaba fazendo com que os agentes *antissociais* passem a depender muito dos demais fatores decisivos do jogo para conseguir uma boa performance.

Analisaremos agora as simulações com a presença de todos os tipos de agentes simultaneamente. Podemos concluir através das análises com agentes *antissociais* e *cooperativos*, que estes últimos conseguiram um desempenho melhor na medida que o número de agentes com viés foi sendo aumentado (figura 6.11), o que já era o esperado dado o comportamento em grupo já observado para os *cooperativos*. A legenda abaixo de cada barra de índice indica a posição de cada agente na simulação correspondente, com os valores *CO*, *AS* e *SO* correspondendo aos tipos *Cooperativo*, *Antissocial* e *Social* respectivamente.

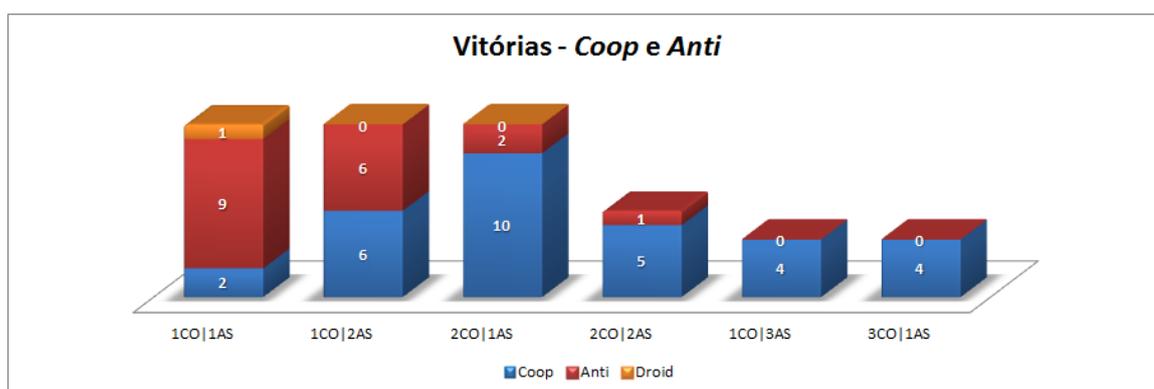


Figura 6.11: Número de vitórias por agente nas simulações com *cooperativos* e *antissociais*

Tanto na presença de grupos *cooperativos* ou de grupos *antissociais*, os agentes *cooperativos* tiveram uma performance melhor. Isto se deve ao fato dos agentes *cooperativos* se ajudarem quando em maior número, ao mesmo tempo que os agentes *antissociais* se atrapalham quando em maior número. O comportamento em grupo dos *cooperativos* acabou anulando o efeito estudado no dilema do prisioneiro (DAWKINS, 2006) que diz que quando temos muitos agentes cooperando e poucos agentes competindo, estes últimos conseguem se beneficiar da cooperação dos demais e saem ganhando a situação. No nosso caso os próprios agentes *cooperativos* conseguem compensar o mal causado pelo agente *antissocial*, fazendo com que o prejuízo que seria causado pela rejeição aos negócios dos *antissociais* não surta efeito.

A figura 6.12 mostra os quadros de vitórias para as simulações entre agentes (*sociais* e *cooperativos*). Em todas as simulações os agentes sociais agiram de acordo com seu modelo de reputação e tentaram identificar o viés dos adversários para decidir qual seria o tratamento dado a cada um deles.

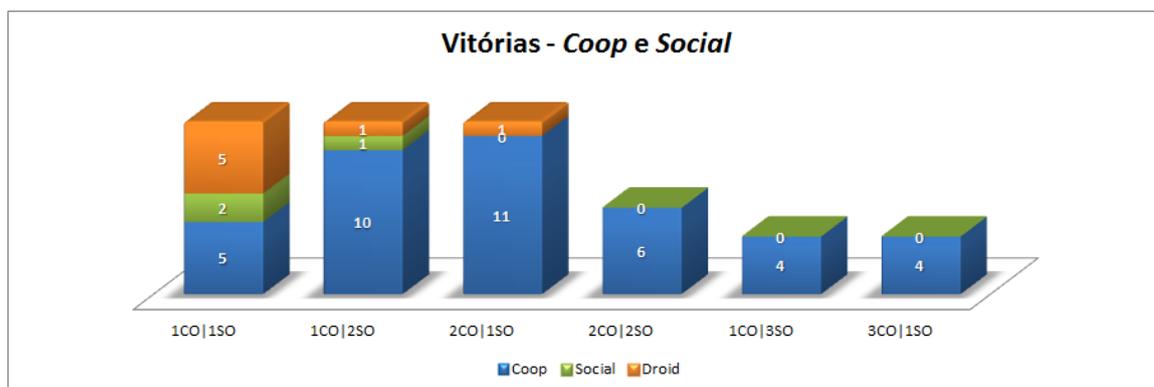


Figura 6.12: Número de vitórias por agente nas simulações com *cooperativos* e *sociais*

Nas simulações com agentes *sociais* e *cooperativos* houve muitas negociações entre esses tipos de agentes. Isso aconteceu porque os agentes *sociais* conseguiram identificar que os adversários eram de natureza cooperativa e acabaram tratando-os como parceiros. Nos casos de simulações onde também havia agentes *pragmáticos*, os agentes *sociais* identificaram quais destes se comportavam como bons parceiros e os trataram do mesmo modo que os agentes *cooperativos*. Podemos observar através da figura 6.13 a quantidade de negociações das partidas por tipos de simulações.

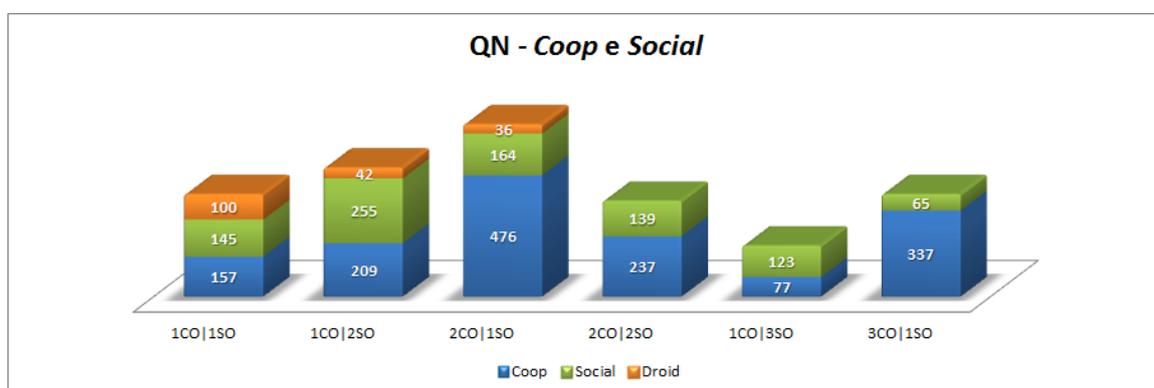


Figura 6.13: Quantidade de negociações por tipo de simulações com *cooperativos* e *sociais*

O gráfico nos mostra que a quantidade de negociações fechadas pelos agentes sociais foi alta. Este fato ocorreu porque eles identificaram muitos parceiros com boa reputação e procuraram fechar negócios com os mesmos. Esta parceria deu vantagem aos *cooperativos* e *pragmáticos* assim identificados, que acabaram vencendo a grande maioria das partidas. Ao aumentar o número de agentes *sociais* ou *cooperativos*, o percentual de vitórias do *cooperativo* começou a chegar cada vez mais próximo de 100%. Os agentes *pragmáticos* passaram a perder vantagem porque com mais agentes *cooperativos* em cena ficou mais difícil para os *pragmáticos* conseguirem uma boa posição no ranking de reputações. As reputações dos *pragmáticos* variam mais que as reputações dos *cooperativos*, que na maioria das vezes seguem uma curva ascendente.

Podemos concluir também que quando um agente social participa de uma partida com muitos agentes com boas reputações, ele passa a maior parte do tempo tentando ajudar os mesmos. Este comportamento de sempre tomar decisões baseadas em vínculos sociais, ao invés de pesar as ações que poderiam resultar em um benefício próprio maior, pode ser classificado como altruísmo.

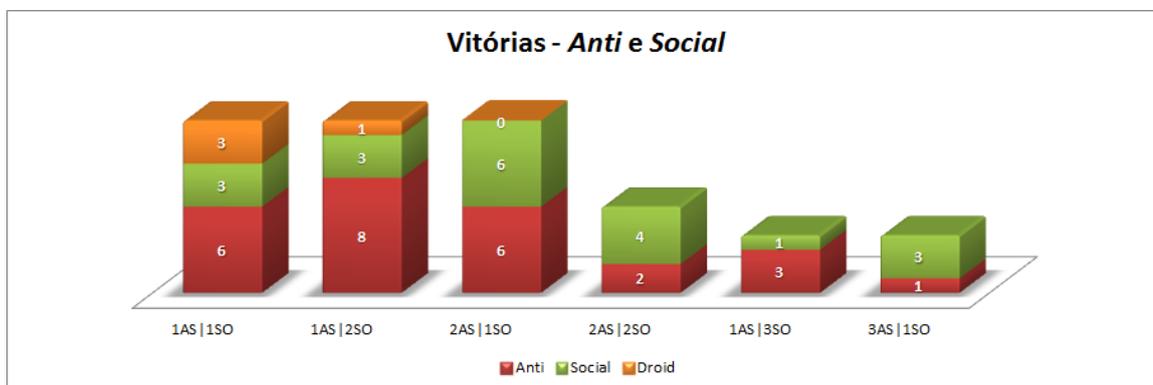


Figura 6.14: Número de vitórias por agente nas simulações com *antissociais* e *sociais*

Nas simulações entre agentes *sociais* e *antissociais* obtivemos alguns resultados bem interessantes. A figura 6.14 nos mostra o quadro de distribuição das vitórias para estas simulações. Podemos observar que diferentemente do ocorrido para os *cooperativos*, o aumento do número de agentes *antissociais* e *sociais* não parece influenciar diretamente nas chances de um tipo de agente ser o vencedor de uma partida. Para entender melhor estes fatos vamos olhar para a quantidade de negociações dessas simulações (figura 6.15).

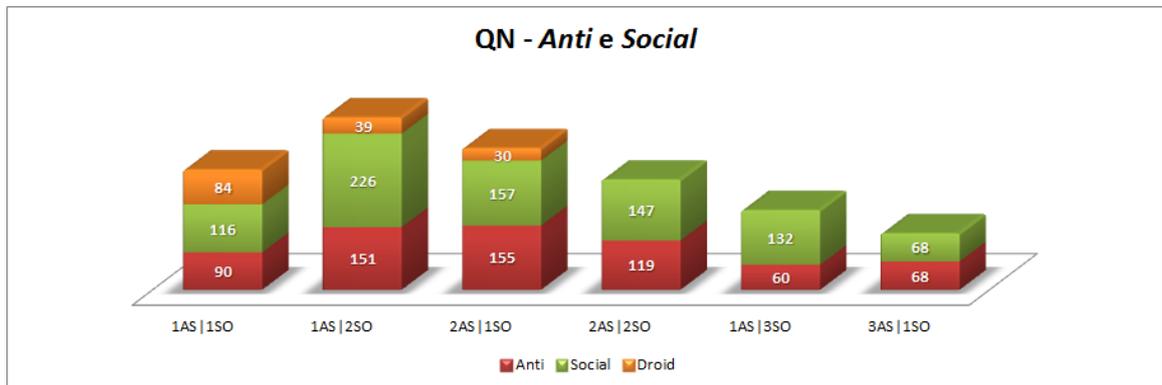
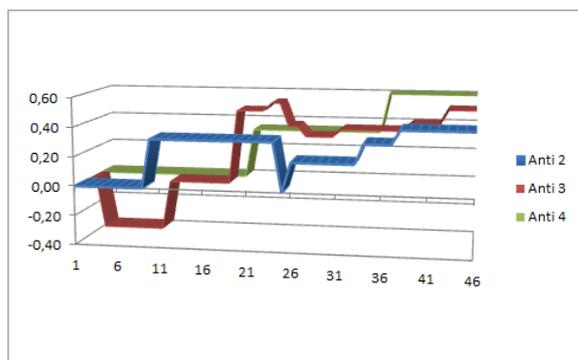
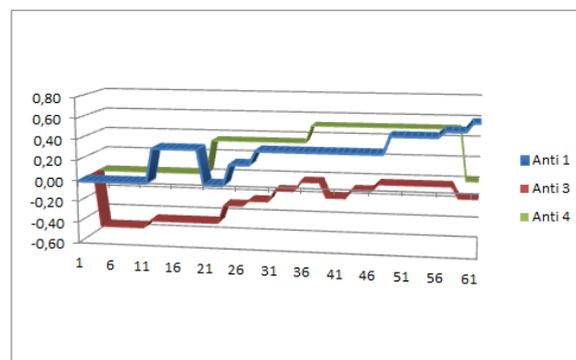
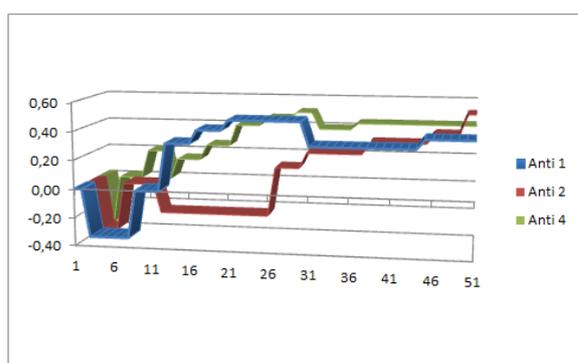
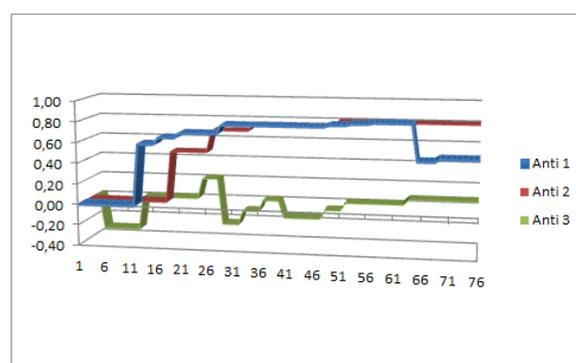


Figura 6.15: Quantidade de negociações por tipo de simulações com *antissociais* e *sociais*

Os valores de QN estão altos para os agentes *sociais* e muito baixos para os *antissociais*. Os valores de QN para os agentes *sociais* estão altos porque eles não realizaram ofertas para os agentes *antissociais*, ficando com o fator de rejeição praticamente zerado. Todos os negócios fechados nestas partidas foram ofertados pelos agentes *antissociais*. Diferentemente do comportamento dos *antissociais*, os agentes *sociais* não realizam ofertas para agentes que eles não consideram confiáveis, mesmo que as ofertas forem de seu interesse (ver tabelas 4.2 e 4.4). Dessa forma, ao identificar algum adversário como tendo uma má reputação (negativa), o agente *social* corta relações com ele. Este fato não significa que não foram realizadas ofertas dos agentes *sociais* para os agentes *antissociais*, mas sim que não foram realizadas ofertas enquanto o *antissocial* estava com reputação negativa. Porém, como o agente *antissocial* apesar de ser conservador, continua realizando ofertas quando é de seu interesse, sua reputação acaba subindo um pouco para cada negócio que ele procura fechar com os agentes *sociais*. Então a reputação dos agentes *antissociais* ficam oscilando com pequenas variações cada vez que o *antissocial* realiza uma oferta ou rejeita uma oferta. Nos momentos em que sua reputação estiver positiva e ele oferecer algum recurso para o *social*, o negócio estará fechado. Podemos verificar estes fatos através da observação das reputações dos agentes *antissociais* por parte dos agentes *sociais*. Pegamos como exemplo as simulações onde existem três agentes *antissociais* e um agente *social* (figuras 6.16(a), 6.16(b), 6.16(c) e 6.16(d)).

Podemos observar nas reputações que houve várias oscilações com algumas trocas de opinião. Podemos concluir desta análise que o fato dos agentes *antissociais* possuírem um

(a) Reputações dos *antissociais* pelo *Social 1*(b) Reputações dos *antissociais* pelo *Social 2*(c) Reputações dos *antissociais* pelo *Social 3*(d) Reputações dos *antissociais* pelo *Social 4*Figura 6.16: Reputações dos agentes *antissociais* no modo *fixo*

comportamento de natureza competitiva, não irá implicar sempre em uma má reputação do ponto de vista dos agentes *sociais*. Os agentes *sociais* tentam ler os indícios dados pelos adversários em cada partida. Os agentes *antissociais* possuem um comportamento natural de querer interagir quando é de seu interesse. Essas interações podem vir a ser interpretadas pelos agentes *sociais* como indícios da intenção de criação de um vínculo social em algumas ocasiões. Caso a natureza implementada nos agentes *antissociais* fosse totalmente fechada a negócios, os agentes *sociais* encontrariam poucos indícios de intenção de relações sociais com eles, fazendo com que os *antissociais* tivessem maior probabilidade de conseguirem uma má reputação. Neste cenário os gráficos das reputações tenderiam a ter a forma de curvas decrescentes.

Este comportamento trouxe também mais resistência a negociações para a partida. Todas as vitórias foram mais apertadas com relação ao segundo colocado das partidas. O

vencedor das partidas então foram definidos pelos demais fatores. Os jogadores que conseguiram os melhores recursos ou as melhores cartas acabaram vencendo a partida. Este é o motivo pelo qual o a figura 6.14 nos mostra um quadro de vitórias bem distribuído.

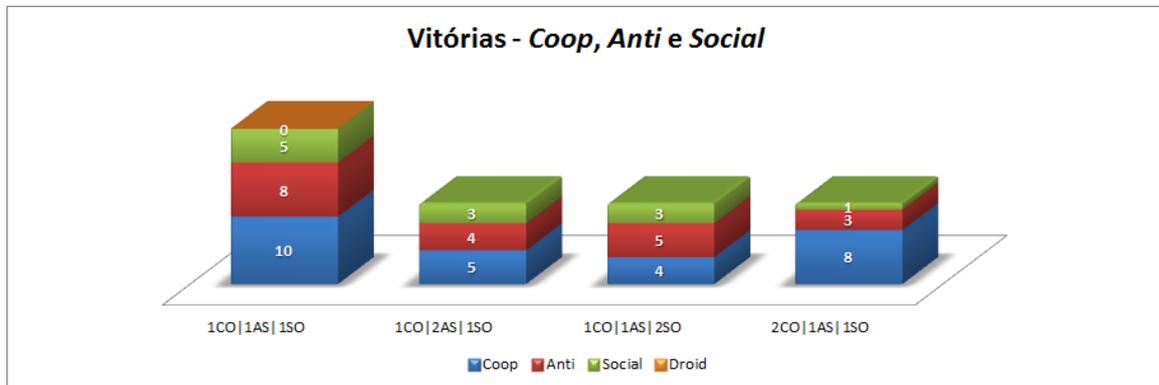


Figura 6.17: Número de vitórias por agente nas simulações com *cooperativos*, *antissociais* e *sociais*

Para o caso onde todos os tipos de agentes competem na mesma partida o resultado das partidas foi definido pela resultante de todos os comportamentos analisados até aqui (figura 6.17). Podemos ver que no cenário com um agente de cada tipo o agente *cooperativo* se saiu melhor. isto pode ser facilmente explicado pela presença do agente *social* e *pragmático*, que anulam o efeito do agente *antissocial* de ser fechado para negócios. Conforme vimos nas análises anteriores, quando os adversários do agente *cooperativo* estão abertos para negócios, ele consegue uma boa performance. Nas simulações que não foram vencidas pelo *Coop*, as vitórias ficaram distribuídas entre os agentes *antissocial* e *social*, com o agente *antissocial* conseguindo um percentual um pouco maior de vitórias. Este percentual foi definido pelas condições de cada partida. Este padrão se manteve para as simulações com mais agentes de cada tipo, mostrando que há um equilíbrio nas performances dos diversos tipos de agentes, com uma leve vantagem para os agentes *cooperativos*. Esta vantagem fica mais evidente quando eles encontram mais adversários com o mesmo comportamento.

Podemos concluir de um modo geral que os agentes *cooperativos* se beneficiam quando estão competindo com outros agentes que também cooperam de alguma forma. Quanto maior a taxa de cooperação do jogo, melhor é a performance deste tipo de agente. Os *antissociais* são muito fechados para negociações vindas de outros jogadores e

dependem dos demais fatores das partidas para terem um bom resultado. Quando estão em maior quantidade acabam não conseguindo bons resultados devido à individualidade de cada um. Já os agentes *sociais* tentam identificar as intenções dos demais agentes em criar um vínculo social durante a partida. Os adversários *cooperativos* são rapidamente identificados, enquanto os *antissociais* fazem com que eles mudem frequentemente de opinião sobre a reputação. Com os três juntos o *cooperativo* se sai melhor e os *sociais* e *antissociais* disputam de igual para igual, dependendo de outros fatores para ganhar a disputa.

6.4 Interações com vários tipos de agentes (modo *normal*)

Chegamos a resultados interessantes a partir das análises realizadas no modo *fixo*. Estas análises também nos mostraram que com a fixação do posicionamento no mapa e dos números sorteados durante as partidas a vantagem competitiva existente para esta configuração se manteve constante durante todas as simulações. Iremos agora analisar partidas com outras configurações de mapa, posição inicial dos jogadores e onde os números sorteados sejam aleatórios.

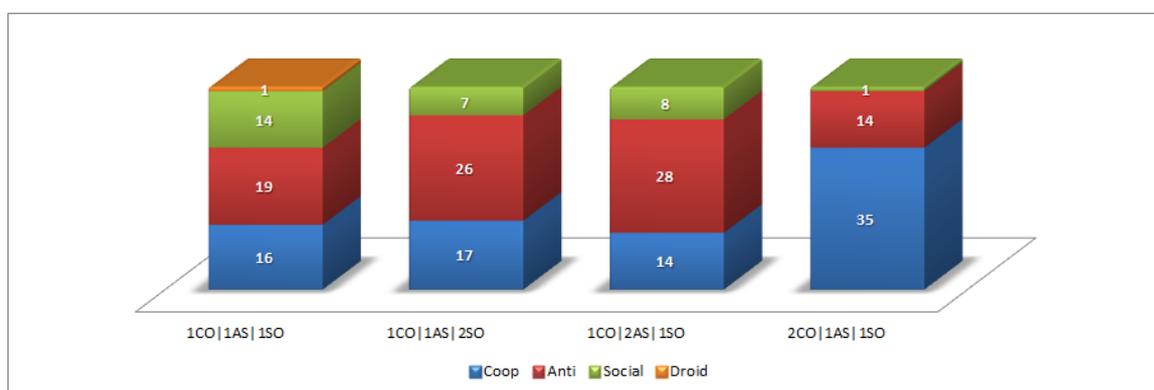
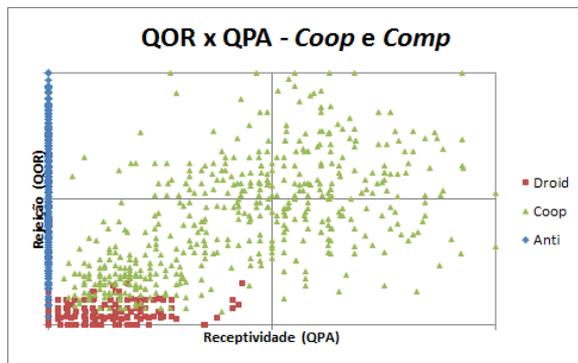
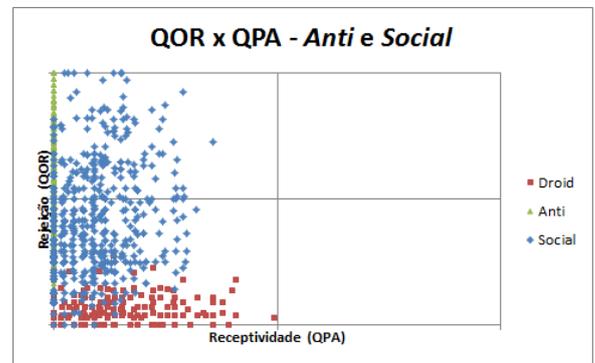
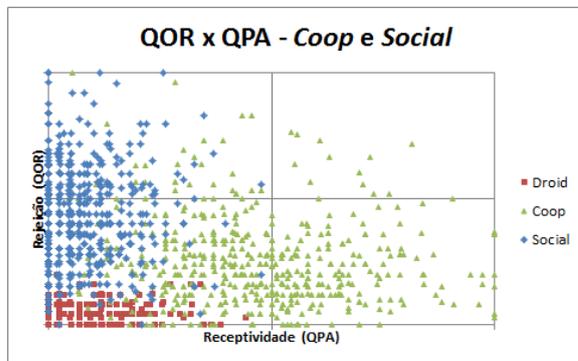
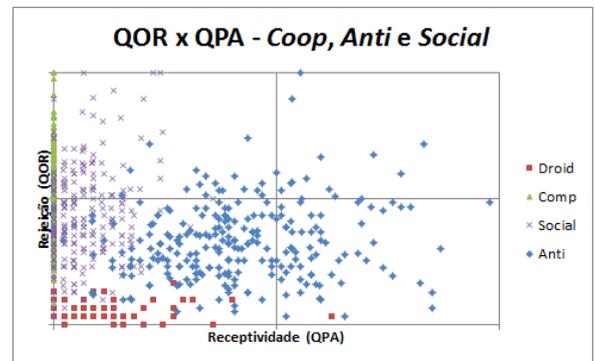


Figura 6.18: Número de vitórias nas simulações com agentes *cooperativos*, *antissociais* e *sociais*, no modo *normal*

A figura 6.18 nos mostra as quantidades de vitórias por tipos de agentes nas simulações que combinaram todos os tipos de agentes. Nesta figura as legendas abaixo das barras apresentam a quantidade de agentes de cada tipo que participaram das partidas.

Fazendo um comparativo com a figura 6.17 podemos ver que passamos a ter mais informações sobre estes cenários. De um modo geral os agentes *antissociais* tiveram uma performance melhor que os demais agentes, exceto nos casos em que os *cooperativos* estavam em grupos. Os agentes *sociais* possuem na média um comportamento que beneficia os agentes *cooperativos*, porém o julgamento baseado em reputações dos *sociais* não os orienta para uma postura completamente repulsiva com relação aos *antissociais*. Os *sociais* mostraram possuir um nível de tolerância com os *antissociais* porque estes últimos mostram interesses em realizar interações positivas em alguns momentos.

(a) Rejeição por receptividade - agentes *Coop* e *Anti*(b) Rejeição por receptividade - agentes *Anti* e *Social*(c) Rejeição por receptividade - agentes *Coop* e *Social*

(d) Rejeição por receptividade - todos os agentes

Figura 6.19: Análise das métricas QOR X QPA - vários agentes no modo *Normal*

Este efeito poderia ser anulado se o modelo de confiança ponderasse melhor os tipos de interações, por exemplo dando menos pesos para interações de ofertas de negócios e mais peso para interações de negócios fechados de fato. Ou até mesmo punindo mais

intensamente a reputação dos agentes que recusassem alguma oferta. Tais análises não fizeram parte do escopo deste trabalho e são sugeridas como trabalhos futuros. A figura 6.19 apresenta a distribuição dos agentes por nível de rejeição e receptividade, no modo *normal*. Podemos observar que o comportamento observado anteriormente nas simulações em modo *fixo* também se mantiveram aqui. A figura 6.19(d) caracteriza bem o comportamento já observado de cada agente.

Podemos concluir das análises realizadas que a estratégia social do agente *cooperativo* é a cooperação coletiva. Ele tenta cooperar com o maior número possível de usuários. Esta estratégia trouxe bons frutos e mostrou que funciona bem em grupos de *cooperativos*. Já os agentes *antissociais* utilizam a estratégia de interagir quando os interessa e ignorar todas as demais interações alheias. Esta estratégia se mostrou eficaz contra os agentes do tipo *Social*, pois eles conseguem rejeitar as ofertas dos agentes *sociais* e ao mesmo tempo manter uma reputação mínima para fechar os negócios que desejam. Já contra os *cooperativos* esta estratégia só é eficaz se houverem poucos agentes *cooperativos*. Caso contrário os *cooperativos* não necessitarão do *antissocial*. No caso dos *sociais*, mesmo havendo uma grande quantidade dos mesmos, não é garantido que eles terão boas relações entre si. Por fim a estratégia social dos agentes *sociais* consiste em interagir com quem for tido como confiável. Esta estratégia se mostrou vantajosa contra os agentes *pragmáticos* pois os *sociais* acabam conseguindo captar os momentos em que os *pragmáticos* começam a querer prejudicá-los e passam a cortar as interações.

6.5 Modelos de Confiança e Reputação

Por fim faremos uma análise sobre a influência dos modelos de confiança e reputação nos agentes *sociais* do jogo. O apêndice A apresenta todos os quadros de reputações de cada agente *social* para as simulações com dois agentes deste tipo no modo *fixo*. Podemos observar alguns fatos interessantes nestas reputações. Em todas as simulações os agentes *sociais* se identificaram como neutros ou confiáveis entre si. Na maioria das simulações eles assumiram que o outro agente *social* era confiável, havendo outro fato interessante que é o espelhamento de impressões. Nos casos em que um agente *social* tratou outro como neutro

o mesmo aconteceu no julgamento contrário. Esta propensão em julgar os outros agentes *sociais* como confiáveis vem da natureza do agente *social* em ranquear seus adversários. Como nestas simulações existe a presença de mais dois agentes *pragmáticos*, as chances do outro agente *social* liderar o ranking de reputações é alta.

Outro fato interessante de se observar é o espelhamento das impressões com relação aos demais adversários. Quando um dos agentes *sociais* começa a criar uma boa impressão de um adversário o outro agente *social* presente automaticamente começa a criar uma má impressão sobre aquele mesmo adversário. Isto pode ser explicado pelo fato das ações que beneficiam um dos agentes *Social* ter grandes chances de prejudicar os demais adversários. Como os agentes *sociais* estão sempre vigiando as ações dos adversários a chance desta ação ser contabilizada como negativa também aumenta.

O julgamento espelhado em relação aos agentes *pragmáticos* e a tendência em fazer aliança com o outro agente *Social*, ajudam a explicar também os vencedores das partidas. Conforme já foi falado diversas vezes, as configurações e disposições do modo *fixo* elegem o agente da posição três como favorito à vitória. Em todos os casos em que o agente *social* estava ocupando esta posição ele foi o vencedor do jogo. Isto se deve à sua habilidade de negociar a à aliança que ele realizou em todas as partidas com o outro agente *social*. Das outras três simulações com dois agentes *sociais* o *Droid 3* foi o campeão em duas, com o *Social 1* sendo o vencedor da simulação onde havia também o *Social 2*. O agente *pragmático* foi vencedor nas simulações onde os agentes *sociais* tinham opiniões contraditórias (espelhadas) sobre a reputação do agente *pragmático*. Esta divergência anulou o efeito benéfico ou prejudicial que estes agentes podiam exercer sobre o *Droid 3*, fazendo com que ele conseguisse se aproveitar de suas vantagens naturais para ganhar a partida. Já no caso em que o agente *Social 1* ganhou a partida, ambos os agentes *sociais* consideraram o agente *pragmático* como neutro. Dessa forma o *Social 2* acabou quebrando a parceria entre as posições dois e três, abrindo espaço para que o outro agente *social* ganhasse a partida.

Os quadros de reputações das simulações com três agentes *sociais* estão no apêndice B. A tendência em fazer aliança com outro agente *Social* se manteve para as simulações com três agentes *sociais*, exceto para o caso do agente *Social 4* juntamente com os agentes *Social*

1 e *Social 3* (ver figura B.3(c) do apêndice). Nesta simulação o agente *Social 4* trocou de opinião diversas vezes sobre a reputação do agente *Social 3*. Quanto mais agentes *sociais* participarem da partida maior a chance disso acontecer, dado que podem aparecer situações onde um agente *social* será obrigado a tomar uma decisão que prejudicará outro agente *social* por falta de opções.

As reputações criadas pelos modelos de confiança e reputação oscilaram com grande amplitude para os agentes *pragmáticos* e com pequena amplitude para os *antissociais*. Já com referência aos *cooperativos* as reputações sempre apresentaram valores altos. Podemos concluir de todas as análises realizadas com os agentes *sociais* que sua performance varia de acordo com a estratégia social do adversário, apresentando o comportamento identificado nas análises anteriores.

Não houveram perdas nem ganhos de tempo com relação ao uso dos modelos de confiança e reputação nos agentes. O tempo gasto nas tomadas de decisão ficou transparente para os agente que utilizaram estes modelos.

7 CONCLUSÕES

Com os estudos realizados neste trabalho conseguimos analisar o comportamento de diferentes tipos de agentes, dotados de algum tipo de viés social, quando inseridos no contexto do jogo Catan. Ao longo das análises pudemos observar que houve mudança de abordagem nas partidas. As partidas passaram a ser decididas pela melhor adaptação aos comportamentos sociais dos adversários, ao invés de serem decididas pela melhor estratégia de competição. Isto fica evidente quando olhamos para o quadro de vitórias dos agentes *pragmáticos*. Eles mostraram que os mesmos não se adaptaram ao modo de jogo dos demais tipos de agentes. Isso se deu porque os *pragmáticos* são voltados inteiramente a um modo de jogo que tenta prever quais jogadores tem um potencial maior de vitória, para então competir com este jogador. Porém devido a limites computacionais não é possível prever todos os cenários passíveis de acontecerem para cada decisão possível de ser tomada por cada jogador. Logo, os comportamentos adotados pelos agentes *cooperativos*, *antissociais* e *sociais* criam cenários que não são considerados pelo agente *pragmático*, pois segundo seu mecanismo de decisão são cenários que não levariam ao sucesso em uma partida. Porém conforme apresentado nos resultados, quando confrontados com os novos tipos de agentes, os *pragmáticos* obtiveram uma taxa menor de sucesso.

Quanto aos demais tipos de agentes criados e estudados neste trabalho verificamos que os *cooperativos* possuem um comportamento condizente com o nome dado a eles, os *antissociais* são enviesados ao conservadorismo com relação às tentativas de interações vindas de outros jogadores e os *sociais* tomam decisões baseadas nas intenções dos adversários, de acordo com seu próprio mecanismo de identificação dessas intenções. Vimos também que ao

formarem grupos os *cooperativos* se ajudam, passando a ganhar vantagem sobre os demais tipos de agentes. Já os *antissociais* se individualizam e acabam se prejudicando mutuamente. Para o caso dos sociais eles apresentam um comportamento mais complexo que depende da reação dos demais agentes para com eles. Os detalhes das conclusões obtidas neste trabalho estão explicitados ao longo das análises realizadas no capítulo 6.

Acredito que o resultado mais relevante obtido com os estudos realizados tenha sido a perspectiva da utilização de estudos sociais na área de jogos. Normalmente quando um humano está jogando na presença de um agente o sentimento que ele possui com relação a este agente é de competição. Porém quando jogamos jogos de tabuleiro por exemplo não necessariamente queremos competir com todos os demais jogadores. Em alguns casos existe uma empatia entre alguns jogadores, o que faz com que os mesmos tomem decisões estranhas do ponto de vista de alguém que tem como objetivo somente ganhar o jogo. Essa empatia pode levar um jogador a ajudar seu adversário mesmo que isto implique em prejudicar a si mesmo. Acredito que com este trabalho nós conseguimos abrir algumas portas para a inclusão deste tipo de comportamento também nos agentes, mudando um pouco a abordagem puramente racional e competitiva frequentemente encontrada nos NPCs.

7.1 Contribuições

Este trabalho contribuiu com uma nova abordagem comportamental para agentes de jogos eletrônicos, visando mudar um pouco a visão que recai sobre os mesmos como sendo muito robóticos em suas decisões. Pudemos perceber que o comportamento adotado pelos novos tipos de agentes poderiam ser considerados até mesmo ilógicos em alguns momentos, como é o caso dos agentes *cooperativos* que acabam cooperando com os adversários até mesmo em circunstâncias que não pareciam favoráveis para eles. Porém por trás desta aparente falta de raciocínio lógico estava uma estratégia diferente de atuação no jogo, que foi classificada neste trabalho como *estratégia social*. Esta estratégia se mostrou mais tarde muito eficiente para os mesmos agentes *cooperativos*, que em vários cenários conseguiram uma performance melhor que os agentes munidos somente de estratégias lógicas nas tomadas de decisões.

Com estes novos tipos de agentes esperamos ter aberto novas portas para os desenvolvedores e criadores de games como um todo. Adicionando a componente social aos NPCs novos gêneros e subgêneros de games podem vir a surgir, havendo espaço também para o emprego dos estudos realizados nas áreas de comportamentos sociais.

Acreditamos ter contribuído também com as métricas criadas neste trabalho com o intuito de medir a capacidade de negociação dos agentes. De uma forma geral estas métricas podem ser aproveitadas em outros contextos onde estejam sendo feitos estudos de interações sociais. As análises do poder de negociação podem ser utilizadas também em outros jogos onde se deseje aplicar modelos de confiança e reputação, ou até mesmo na realização de estudos de comportamentos sociais nos agentes de um jogo sem a utilização de modelos de confiança e reputação. Estas métricas se aplicam para todos os casos onde haja interação social entre agentes, com a variável *negociação* podendo ser adaptada para o aspecto a ser avaliado nessas interações.

7.2 Trabalhos futuros

Há inúmeras aplicações e estudos que podem ser derivados do trabalho apresentado. Devido a limitações de tempo, recurso e ambiente experimental fizemos as escolhas mais simples em termos de modelos de confiança e reputação a serem utilizados, diversidade de experimentos, além dos próprios tipos de comportamentos dos agentes a serem estudados. Logo, uma continuação mais direta dos estudos realizados seria através da extensão desses aspectos. Os experimentos poderiam ser refeitos com a aplicação dos demais modelos de confiança e reputação apresentados no capítulo 3, além de outros modelos encontrados na literatura. Novos tipos de agentes com diferentes tipos de viés também poderiam ser analisados em combinação com os agentes apresentados neste trabalho. Poderiam ser realizados também estudos com simulações de partidas do Catan contendo seis jogadores, além de novas metas de vitória. Poderia ser feita uma análise comparativa dos níveis de reputação e trocas de opiniões para diversas quantidades de pontos necessários para a vitória.

Outros trabalhos também interessantes seriam sobre a aplicação de modelos de confiança e reputação em outros jogos eletrônicos. Gêneros derivados dos jogos de tabuleiro são bons candidatos para estudos de comportamentos sociais, pois possuem a presença de interações entre os jogadores que são baseadas em decisões pessoais e subjetivas. Este tipo de decisão além de estratégica contém uma parcela de personalidade dos jogadores envolvidos. Esses tipos de games se tornam atraentes para os estudos de agentes com viés social exatamente porque estes agentes não possuem uma personalidade, com os modelos de confiança tentando inserir uma pequena parcela de comportamento social nas decisões.

Estudos podem ser realizados também alterando o tipo de comportamento no decorrer do jogo, fazendo com que o agente tente se adaptar ao ambiente e aos adversários, podendo inclusive mudar seu tipo de comportamento, agindo por exemplo em alguns momentos como *cooperativo* e em outros como *antissociais*, *sociais* ou *pragmáticos*. Além do aprofundamento nos estudos dos agente, também é de suma importância a realização de estudos com humanos em todos estes contextos apresentados.

7.3 Considerações finais

Apesar de todos os obstáculos encontrados no decorrer deste trabalho acreditamos ter atingido os objetivos iniciais do trabalho que eram explorar alguns conceitos básicos estudados nas áreas de confiança e reputação aplicados no contexto de um jogo eletrônico. A continuação dos estudos realizados neste trabalho pode contribuir para inúmeras novas possibilidades nas indústrias de games, além de introduzir os jogos eletrônicos como um nova opção para testes e experimentos dos conceitos estudados nas áreas de comportamentos sociais, confiança e reputação.

REFERÊNCIAS

- AIGPG. **History of game AI**. [s.l.]: AIGPG, 2013.
- BRATMAN, M. E. **Intention, plans, and practical reason**. Cambridge: CSLI Publications, 1999.
- CATAN.COM. Disponível em: <<http://www.catan.com/>>. Acesso em 12 out. 2011.
- CORNELLI, F. ; DAMIANI, E. ; DE CAPITANI, S. ; PARABOSCHI, S. ; SAMARATI, P. Choosing reputable servants in a P2P network. In: WWW'02 INTERNATIONAL CONFERENCE ON WORLD WIDE WEB, 11., 2002, Honolulu. **Proceedings ...** New York: ACM, 2002. p. 376-386.
- DAMIANI, E. ; DI VIMERCATI, D. C. ; PARABOSCHI, S. ; SAMARATI, P. ; VIOLANTE, F. A Reputation-Based Approach for Choosing Reliable Resources in Peer-to-Peer Networks. In ACM CONFERENCE ON COMPUTER AND COMMUNICATIONS SECURITY, 9., 2002. Washington. **Proceedings ...** New York: ACM, 2002.
- DARWIN, C. **A origem das espécies**. São Paulo: Companhia das Letras, 2009.
- DAWKINS, R. **The selfish gene**. Oxford: Oxford University Press, 2006.
- DEMASI, P. **Estratégias adaptativas e evolutivas em tempo real para jogos eletrônicos**. 2003. Dissertação (Mestrado em Informática) — Programa de Pós-Graduação em Informática, Instituto de Matemática, Núcleo de Computação Eletrônica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.
- GTA V most expensive video game in history – hudget more than high budget Hollywood films. Disponível em: <<http://sccfech.com/gta-v-most-expensive-video-game-history/>>. Acesso em: 11 out. 2013.

JAVA.COM. Disponível em: <<http://www.java.com/>>. Acesso em 12 out. 2011.

JøSANG, A. An algebra for assessing trust in certification chains. In: NDSS'99 - NETWORK AND DISTRIBUTED SYSTEMS SECURITY SYMPOSIUM, 1999, San Diego. **Proceedings ...** San Diego: The Internet Society, 1999.

_____. Artificial reasoning with subjective logic. In: AUSTRALIAN WORKSHOP ON COMMONSENSE REASONING, 2., 1997, Perth. **Proceedings ...** Perth: Australian Computer Society, 1997.

_____. A logic for uncertain probabilities. **International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems**, New Jersey, v. 9, n. 3. p. 279-311, Jun. 2001.

_____. A subjective metric of authentication. In: QUISQUARTER, J-J. et al (Eds). **Computer security – ESORICS 98**. 5⁰. European symposium on research in computer security, Louvain-la-Nueve, Belgium, September 16-18, 1998. Berlin: Springer-Verlag, 1998. (Lecture Notes in Computer Science, 1485).

_____. Trust-based decision making for electronic transactions. In: NORDSEC'99- NORDIC WORKSHOP ON SECURE COMPUTER SYSTEMS, 4., 1999, Stockholm. **Proceedings ...** Stockholm: Stockholm University, 1999.

JøSANG, A. ; ISMAIL, R. The Beta reputation system. In: BLED ELECTRONIC COMMERCE CONFERENCE, 15., 2002, Bled, Slovenia. **Proceedings ...** Kranj, Slovenia: Electronic Commerce Center, 2002.

JøSANG, A. ; ISMAIL, R. ; BOYD, C. A survey of trust and reputation systems for online service provision. **Decision Support Systems**, Amsterdam, v. 43, n. 2, p. 618-644, Mar. 2007.

JOSANG, A. ; KNAPSKOG, S. K. A metric for trusted systems. In: NATIONAL INFORMATION SYSTEMS SECURITY CONFERENCE, 21., 1998, Arlington, VA. **Proceedings ...** Arlington, VA: NIST/NCSC, 1998.

KISHIMOTO, A. **Inteligência artificial em jogos eletrônicos**. 2004. Disponível em: http://www.karenreis.com.br/pdf/andre_kishimoto.pdf Acesso em: 2013.

MERCADO de jogos eletrônicos cresce no Brasil e gera empregos na área. Disponível em: <http://g1.globo.com/jornal-hoje/noticia/2013/07mercado-de-jogos-eletronicos-cresce-no-brasil-e-gera-empregos-na-area.html>. Acesso em 10 out. 2013.

MOYANO, F. ; FERNANDEZ-GAGO, C. ; LOPEZ, J. Building trust and reputation In: a development framework for trust models implementation. In: JOSANG, A. ; SAMARATI, P. ; PETROCCHI, M. (Eds). **Security and trust management**. 8th International Workshop on Security and Trust Management (STM 2012), Pisa, 2012. Revised selected papers. Berlin: Springer, 2013. (Lecture Notes in Computer Science, v. 7783).

_____. A Conceptual framework for trust models. In: FISC-HÜBNE, S. ; KATSIKAS, S. ; QUIRCHMAYR, G. (Eds.). **Trust, privacy and security in digital business**. 9th International Conference on Trust, Privacy & Security in Digital Business, Vienna: Springer, 2012. p. 93-104. (Lecture Notes in Computer Science, v.7449).

_____. Implementing trust and reputation systems: a framework for developers' usage. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON QUANTITATIVE ASPECTS IN SECURITY ASSURANCE, 2012, Pisa, **Proceedings ...** Pisa: NESSOSS, 2012.

MUI, L. ; MOHTASHEMI, M. ; ANG, C. ; SZOLOVITS, P.; HALBERSTADT, A. Ratings in distributed systems: a bayesian approach. In: WITS - WORKSHOP ON

- INFORMATION TECHNOLOGIES AND SYSTEMS, 11., 2001, New Orleans. **Proceedings ...** New Orleans: [s.n.], 2001.
- MUI, L. ; MOHTASHEMI, M. ; HALBERSTADT, A. Notions of reputation in multi-agent systems: a review. In: AAMAS - INTERNATIONAL. JOINT CONFERENCE ON AUTONOMOUS AGENTS AND MULTIAGENT SYSTEMS, 1., 2002, Bologna. **Proceedings ...** New York: ACM, 2002.
- PATEL, P. ; HEXMOOR, H. Designing BOTs with BDI agents. In: 2009 INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COLLABORATIVE TECHNOLOGIES AND SYSTEMS, 2009, Baltimore. **Proceedings ...** [s.l.]: IEEE, 2009.
- RESNICK, P. ; ZECKHAUSER, R. Trust among strangers in internet transactions: empirical analysis of ebay's reputation system. In: BAYE, M. R. **The Economics of the internet and e-commerce**. Kidlington, Oxford: Elsevier, 2002. (Advances in Applied Microeconomics, 11.)
- ROLLINGS, A. ; MORRIS, D. **Game architecture and design: a new edition**. San Francisco, CA: New Riders, 2003.
- RUSSEL, S. J. ; NORVIG, P. **Artificial Intelligence - A Modern Approach**. 1st.ed. New Jersey: Prentice Hall, 1995.
- SABATER, J. ; SIERRA, C. REGRET: a reputation model for gregarious societies. In: AGENTS'01 - INTERNATIONAL. CONFERENCE ON AUTONOMOUS AGENTS, 5., 2001, Montreal. **Proceedings ...** New York: ACM, 2001. p. 194-195.
- _____. SABATER, J. ; SIERRA, C. Reputation and social network analysis in multi-agent systems. In: AAMAS'02 – INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE ON AUTONOMOUS AGENTS AND MULTIAGENT SYSTEMS, 1., 2002, Bologna. **Proceedings ...** New York: ACM, 2002. Part 1. p. 475-482.

_____. **Review on computational trust and reputation models.**

Barcelona: Kluwers Academic Publishers, 2005.

SMETS, P. ; KENNES, R. The transferable belief model. **Artificial Intelligence**, Amsterdam, v. 66, n. 2, p. 191-234, Apr. 1994.

SOCIAL network games. Disponível em: <<http://www.superdataresearch.com/wp-content/uploads/2011/12/CasualConnectSocialGames2012.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2012.

TEACY, W. ; PATEL, J. ; JENNINGS, N. ; LUCK, M. TRAVOS: trust and reputation in the context of inaccurate information sources. **Autonomous Agents and Multi-Agent Systems**, Norwell, Mass., v.12, n. 2 , p. 183-198, Mar. 2006.

THE SIMS game portal. Disponível em: <<http://www.thesims.com/>>. Acesso em: 10 out. 2013.

THOMAS, R. S. **Real-time decision making for adversarial environments using a plan-based heuristic.** 2003. Thesis (Doctor of Philosophy Field of Computer Science) – Northwestern University, Evanston, Ill., 2003.

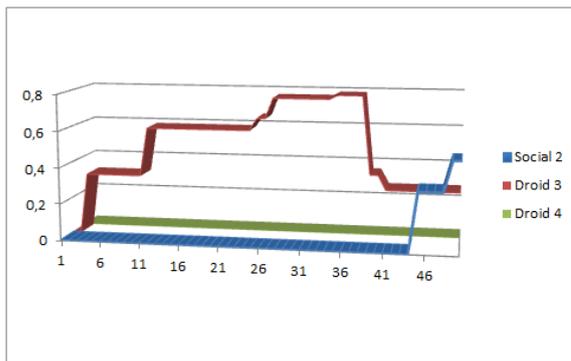
WINDLEY, P. J. ; KEVIN, T. ; DALEY, D. A framework for building reputation systems. In: **www 2007 - INTERNATIONAL CONFERENCE ON WORLD WIDE WEB**, 16., 2007, Banff, Canada. **Proceedings ...** New York: ACM, 2007.

YEN, J. ; LANGARI, R. **Fuzzy logic. intelligence, control and information.** Texas: Prentice Hall, 1999.

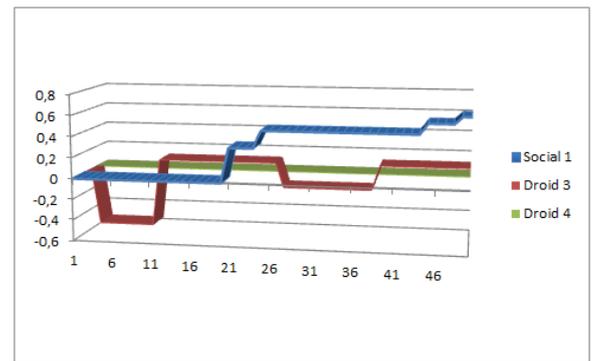
YU, B. ; SINGH, M. P. An Evidential model of distributed reputation management. In: **AAMAS'02 - INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE ON AUTONOMOUS AGENTS AND MULTIAGENT SYSTEMS**, 1., 2002, Bologna. **Proceedings ...** New York: ACM, 2002. Part 1. p. 294-301.

ZACHARIA, G. **Collaborative reputation mechanisms for online communities.**
1999. Dissertation (Master of Science in Media Arts and Science) – Massachusetts
Institute of Technology, Cambridge, 1999.

APÊNDICE A REPUTAÇÕES DOS ADVERSÁRIOS NO MODO *FIXO* COM 2 AGENTES DO TIPO *SOCIAL*



(a) Reputações dos adversários - agente *Social 1*



(b) Reputações dos adversários - agente *Social 2*

Figura A.1: Quadro de reputações das simulações com os agentes *Social 1* e *Social 2* no modo *fixo*

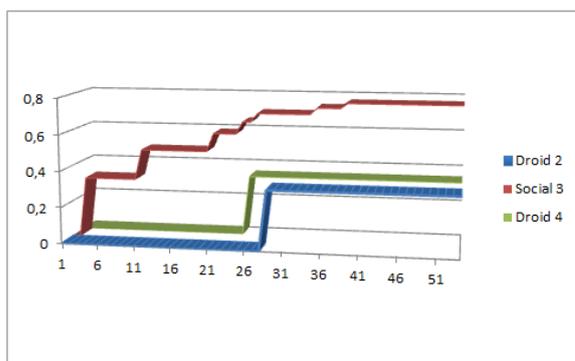
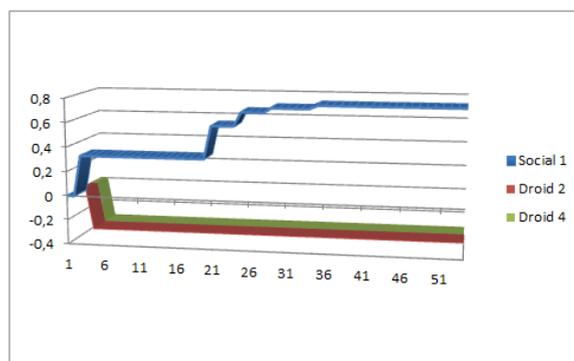
(a) Reputações dos adversários - agente *Social 1*(b) Reputações dos adversários - agente *Social 3*

Figura A.2: Quadro de reputações das simulações com os agentes *Social 1* e *Social 3* no modo *fixo*

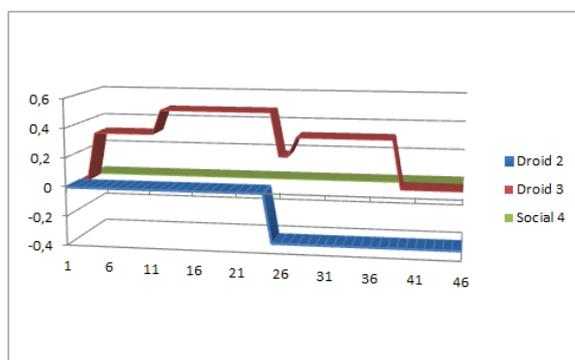
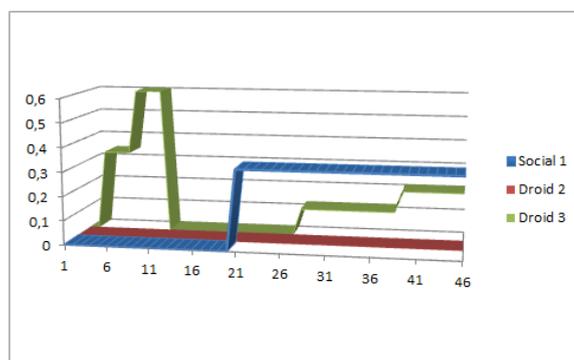
(a) Reputações dos adversários - agente *Social 1*(b) Reputações dos adversários - agente *Social 4*

Figura A.3: Quadro de reputações das simulações com os agentes *Social 1* e *Social 4* no modo *fixo*

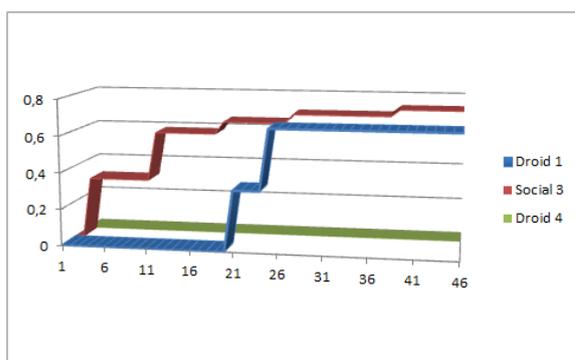
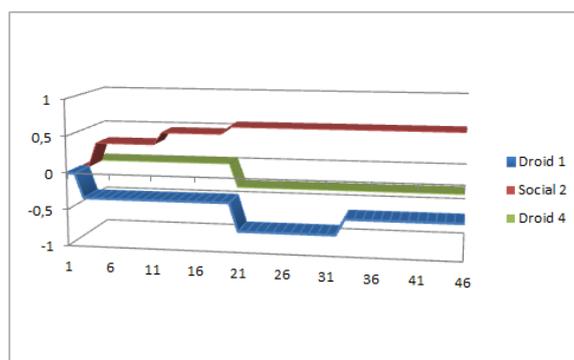
(a) Reputações dos adversários - agente *Social 2*(b) Reputações dos adversários - agente *Social 3*

Figura A.4: Quadro de reputações das simulações com os agentes *Social 2* e *Social 3* no modo *fixo*

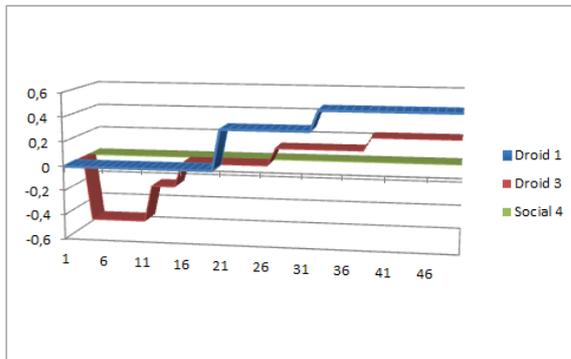
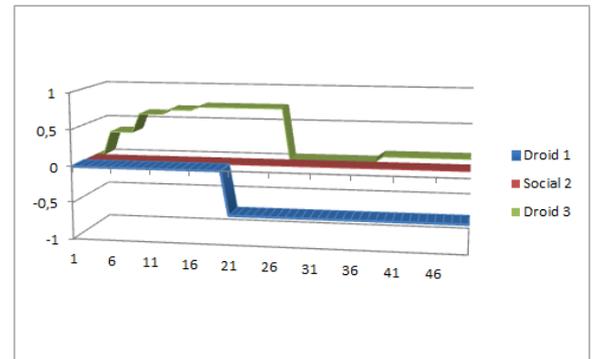
(a) Reputações dos adversários - agente *Social 2*(b) Reputações dos adversários - agente *Social 4*

Figura A.5: Quadro de reputações das simulações com os agentes *Social 2* e *Social 4* no modo *fixo*

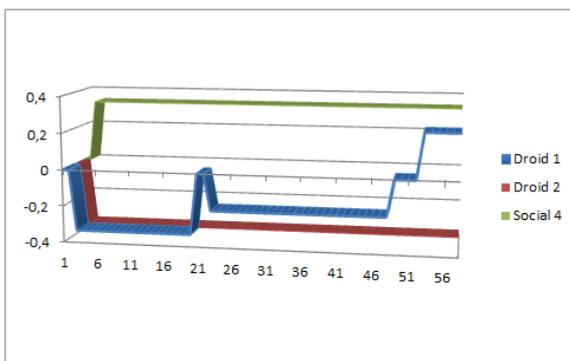
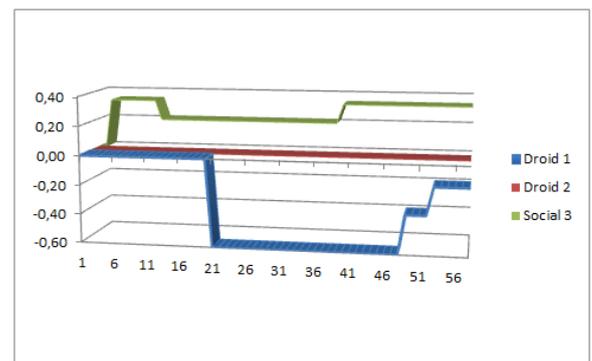
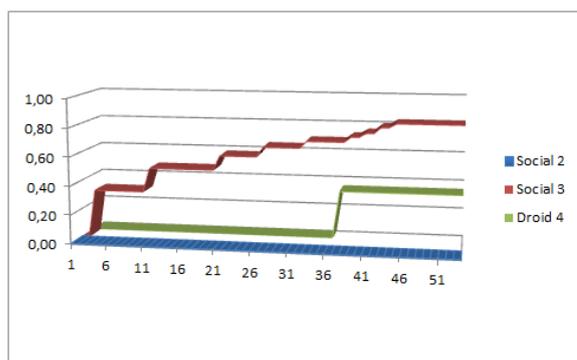
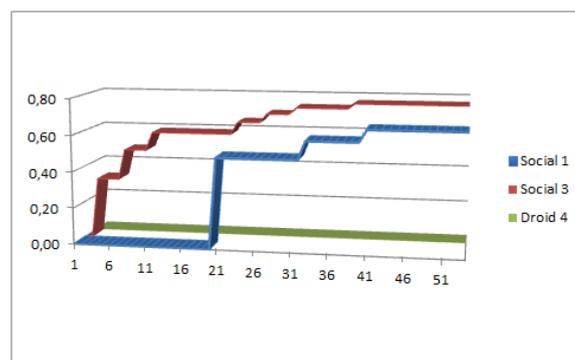
(a) Reputações dos adversários - agente *Social 3*(b) Reputações dos adversários - agente *Social 4*

Figura A.6: Quadro de reputações das simulações com os agentes *Social 3* e *Social 4* no modo *fixo*

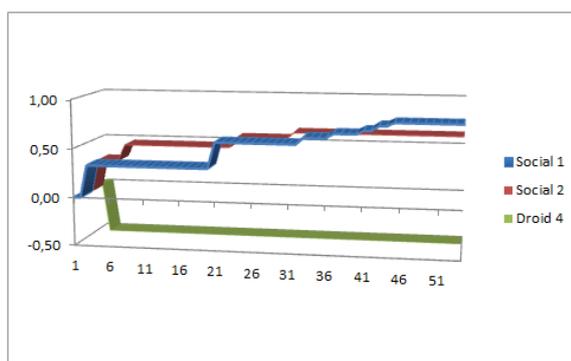
APÊNDICE B REPUTAÇÕES DOS ADVERSÁRIOS NO MODO *FIXO* COM 3 AGENTES DO TIPO *SOCIAL*



(a) Reputações dos adversários - agente *Social 1*



(b) Reputações dos adversários - agente *Social 2*



(c) Reputações dos adversários - agente *Social 3*

Figura B.1: Quadro de reputações das simulações com os agentes *Social 1*, *Social 2* e *Social 3* no modo *fixo*

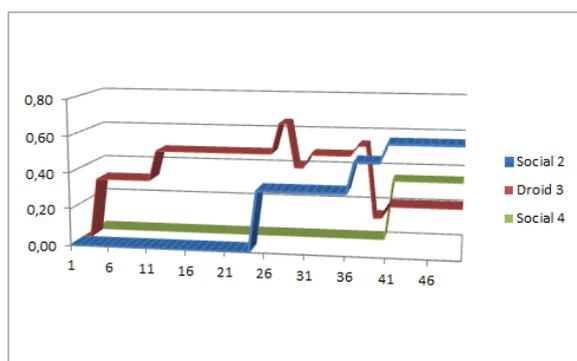
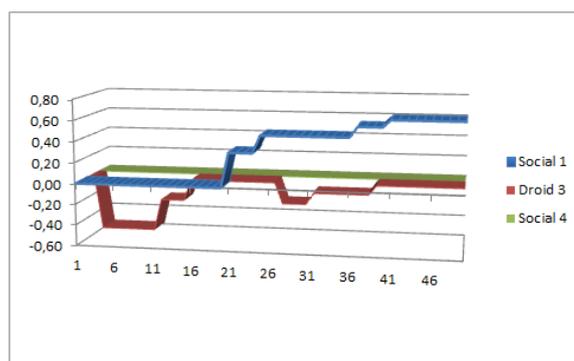
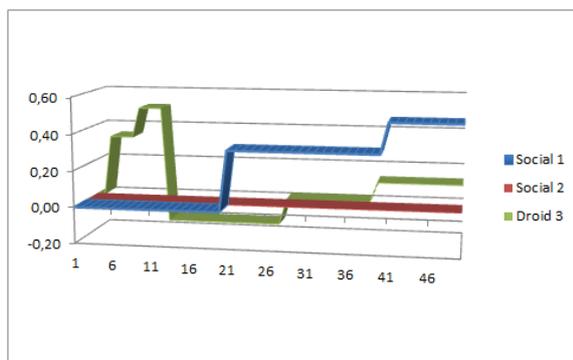
(a) Reputações dos adversários - agente *Social 1*(b) Reputações dos adversários - agente *Social 2*(c) Reputações dos adversários - agente *Social 4*

Figura B.2: Quadro de reputações das simulações com os agentes *Social 1*, *Social 2* e *Social 4* no modo *fixo*

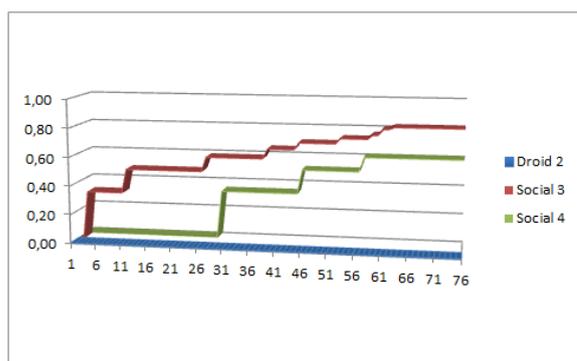
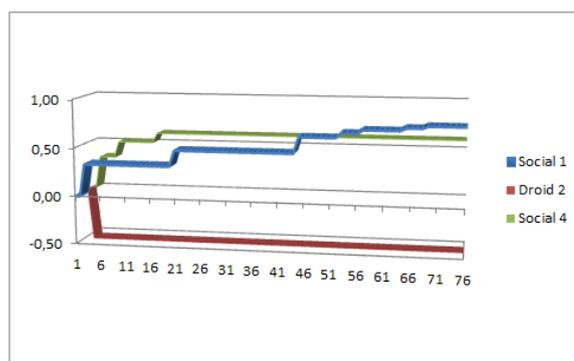
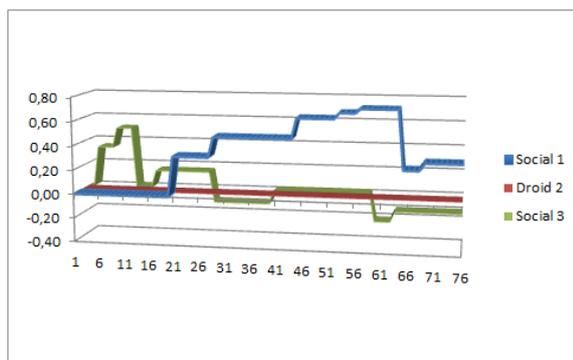
(a) Reputações dos adversários - agente *Social 1*(b) Reputações dos adversários - agente *Social 3*(c) Reputações dos adversários - agente *Social 4*

Figura B.3: Quadro de reputações das simulações com os agentes *Social 1*, *Social 3* e *Social 4* no modo *fixo*

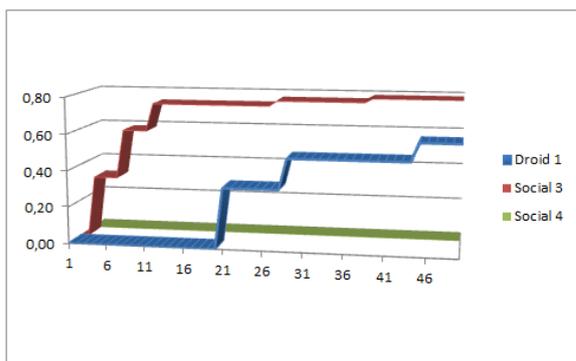
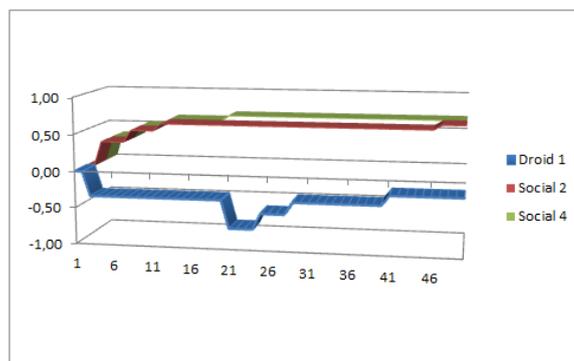
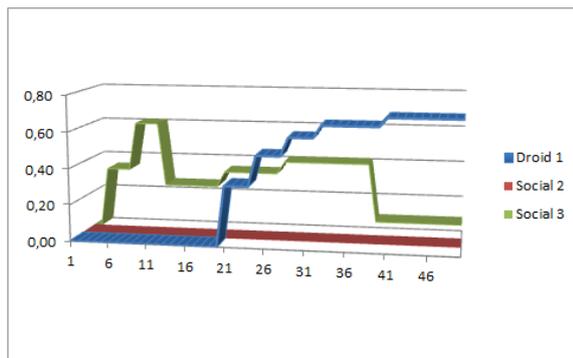
(a) Reputações dos adversários - agente *Social 2*(b) Reputações dos adversários - agente *Social 3*(c) Reputações dos adversários - agente *Social 4*

Figura B.4: Quadro de reputações das simulações com os agentes *Social 2*, *Social 3* e *Social 4* no modo *fixo*



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA**

CCMN - Bloco C - Cidade Universitária - Ilha do Fundão
Rio de Janeiro - RJ CEP: 21941-916
www.ppgi.ufrj.br