FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Sistema de Medida de Confiança para Selecção de Empresas em Sistemas B2B

Filipe Gabriel Andrade da Silva

Dissertação

Mestrado Integrado em Engenharia Informática e Computação

Orientador - FEUP: Eugénio da Costa Oliveira (Professor Catedrático)

Orientador - LIACC: Henrique Daniel de Avelar Lopes Cardoso (Assistente Convidado)

Co-orientador: Maria Joana Malaquias Pires Urbano (Aluna Doutoramento)

28 de Julho de 2009

Sistema de Medida de Confiança para Selecção de Empresas em Sistemas B2B

Filipe Gabriel Andrade da Silva

Dissertação

Mestrado Integrado em Engenharia Informática e Computação

Aprovado em provas públicas pelo júri:

Presidente: Maria Teresa Galvão Dias (Professor Auxiliar)

Arguente: Orlando Manuel Oliveira Belo (Professor Associado)

Vogal: Eugénio da Costa Oliveira (Professor Catedrático)

13 de Julho de 2009

Resumo

O estudo de mecanismos de agregação de confiança para a selecção de empresas em sistemas automáticos de interacção Business-to-Business, tem vindo a vindo a ganhar relevância para as áreas de investigação dos Sistemas Multi-Agente e do Comércio Electrónico, por permitir um aumento do desempenho e da credibilidade das redes de comércio virtual existentes, introduzindo nestas um factor de controlo e defesa social característico do comportamento humano.

O estudo apresentado neste documento relata a construção e especificidades de um modelo agregador de confiança e informação contextual, que pretende representar uma alternativa aos modelos de agregação de confiança existentes, diferenciando-se destes por incluir aspectos do nosso senso comum relativamente à construção de confiança, e por permitir a inferência de um grau de recomendação de uma empresa para o tipo de negócio no qual se pretende formar uma parceria.

Este trabalho encontra-se dividido em três partes. Na primeira parte apresentamos o modelo de medida de confiança e informação contextual, em que é modelado, numa curva em forma de S, um histórico de resultados de contratos estabelecidos por cada entidade. Daí é possível obter um grau de confiança que, de uma forma abstracta, pretende indicar a probabilidade de essa entidade um contrato que venha a ser estabelecido com ela. A agregação de informação contextual surge depois como uma forma de recomendar uma determinada entidade para um contrato, dependendo das características deste e da forma como essa entidade tem reagido até ao momento em contratos desse tipo.

Na segunda parte é especificada a aplicação desenvolvida para a simulação de um processo de selecção de empresas. Nesta aplicação foram implementados os modelos propostos para a solução, juntamente com um modelo semelhante desenvolvido por outro grupo de investigação, com o intuito de poder realizar experiências a resposta e utilidade dos modelos em diferentes cenários. Foi simulado um mercado têxtil, em que um grupo de empresas precisa de contratar fornecedores, sendo essencial para a sua selecção quer o seu grau de confiança, quer o grau de recomendação para o negócio a realizar.

Na terceira parte são demonstrados e analisados os resultados mais relevantes obtidos com as experiências realizadas com a aplicação de simulação. Foram realizados três tipos de validação aos modelos: o quão lestos eram a identificar as empresas que cumpriam mais contratos, o quão rápido identificavam mudanças de comportamento nas empresas, e qual o efeito do uso de um grau de recomendação para auxiliar na selecção de parceiros.

Com os resultados obtidos ficou demonstrado que o sistema de medida de confiança e informação contextual apresenta-se como uma alternativa fiável como modelo agregador de confiança, mostrando que, quando comparado com outro modelo existente, selecciona mais vezes o melhor parceiro de negócio (o que resulta em menos contratos violados

pelos fornecedores contratados), e permite que seja mais vezes fornecida a quantidade de material pretendida pelo comprador.

Abstract

The study of trust aggregation mechanisms to assist the selection of companies in Business-to-Business systems, is becoming increasingly important to researchers in the areas of Multi-Agent Systems and Electronic Business, because it has been proved that it can provide means to increase the performance and reliability of the existing electronic business communities, by endowing them with human-like social defence mechanisms.

The study we present in this document concerns the designing and specification of a trust and contextual information aggregation model, intended to be a reliable alternative to the trust aggregation models already existing, and trying to set apart from those by including rules to emulate human common sense regarding trust building, and mechanisms to obtain a recommendation grade concerning how likely is a potential partner to perform as we desire in the fulfilment of a given contract.

This dissertation has three main parts. In the first, we present the trust and contextual information model, showing how we use an S-shaped curve to aggregate the past contract results of a given entity. From there we can retrieve a degree of trust which represents, in an abstract and simplified way, how likely is a given entity to fulfil the next contract, given how well she fulfilled the previous ones. The aggregation of contextual information can act as a disambiguation tool, because the information of the past contracts is treated concerning the context in which they were celebrated, providing, this way, a mean to assess if a given company is the most adjusted to do business with, regarding the specificities of the contract, and independently of how much trust do we deposit in them.

In the second part we specify the application that we developed to simulate the process of company selection. This application implements the models that we propose as solution together with a third one, developed by another research group, to compare the performance and utility of our model. We simulate a fabric market, in which a group of buyers needs to buy certain quantities from sellers. In this process, each buyer is going to need the degree of trust and the degree of recommendation for each candidate seller, deciding which one(s) to buy from depending on that information.

In the third part we demonstrate and analyze the results that we got from the simulations we have made. We developed three kinds of validation tests for the models: how fast were they identifying the companies violating fewer contracts, how well they react to an abrupt company behaviour change, and how much will the use of a recommendation grade affect the process of selecting a business partner.

The results we got from the simulations show that our system for trust and contextual information measure represents a reliable option as a trust aggregation models, since, when compared to other model, it proves to be capable of selecting more times the best business partner, which understandably ends up in fewer violated contracts by the selected seller and higher business utility for the buyer.

Agradecimentos

Neste espaço gostava de deixar uma palavra de agradecimento especial a todos aqueles que me mantiveram feliz e motivado nestes últimos quatro meses de jornada, pois disso muito dependeu a realização do trabalho que nesta dissertação é apresentado.

Um agradecimento especial ao Prof. Eugénio Oliveira, que sendo o meu orientador, conseguiu muitas vezes encaminhar e enriquecer as minhas ideias.

Por fim, importa sublinhar o notável acompanhamento que tive no LIACC por todos os seus membros, com especial destaque para o Prof. Henrique Cardoso e pela Joana Urbano, em cujos trabalhos de investigação me apoiei e que sempre estiveram dispostos para me ajudar a chegar mais longe.

Filipe Silva

"Live as if you were to die tomorrow.
Learn as if you were to live forever."

Mahatma Gandhi

Conteúdo

1 Introdução **1**
1.1 Contexto . . . 1
1.2 Enquadramento . . . 4
1.3 Descrição do Problema . . . 5
1.4 Motivação e Objectivos . . . 6
1.5 Estrutura da Dissertação . . . 7

2 Revisão Bibliográfica **8**
2.1 Introdução . . . 8
2.2 Sistemas Multi-Agente . . . 8
2.3 O Tipo de Negócio B2B . . . 9
2.4 A Instituição Electrónica . . . 10
2.5 Confiança e Reputação . . . 11
2.6 Modelos de Agregação de Confiança e Reputação . . . 13
2.6.1 Agent-based Trust and Reputation Management scheme (ATRM) 13
2.6.2 Infinite Hidden Relational Trust Model (IHRTM) . . . 14
2.6.3 Autonomous Trust Construction Model (ATCM) . . . 14
2.6.4 EBay Reputation Model (ERM) . . . 15
2.6.5 SPORAS . . . 16
2.6.6 Modelo de Jurca e Faultings . . . 16
2.6.7 Regret . . . 17
2.6.8 Referral System . . . 17
2.6.9 TRAVOS . . . 18
2.6.10 FIRE . . . 18
2.6.11 Sumário . . . 19
2.7 Repast . . . 20
2.8 Conclusões . . . 21

3 Sistema de Medida de Confiança para Selecção de Empresas em Sistemas B2B **23**
3.1 Introdução . . . 23
3.2 Proposta de Solução . . . 24
3.2.1 O modelo HYSTPLUS . . . 24
3.2.2 O modelo SINALPHA . . . 26
3.3 Comparação entre SINALPHA e HYSTPLUS . . . 27
3.3.1 Fornecedor honesto . . . 27
3.3.2 Fornecedor desonesto . . . 28

3.3.3 Fornecedor "oportunista" 28
3.4 Modelo de obtenção de informação contextual 29

4 O Ambiente de Simulação **34**
4.1 Descrição da Aplicação 34
4.1.1 Especificação de Requisitos Genéricos da Aplicação 34
4.1.2 Definição dos Tipos de Comportamento e Geração de Resultados 38
4.2 Arquitectura da Aplicação 39
4.3 Diagrama de Actividades 39

5 Resultados Experimentais **42**
5.1 Validação da identificação do comportamento dos Fornecedores 42
5.1.1 Influência do número de rondas no comportamento dos modelos . 43
5.1.2 Influência da diferença entre o número de compradores e fornecedores no comportamento dos modelos 45
5.2 Validação da reacção dos modelos à mudança brusca no comportamento dos fornecedores 47
5.3 Teste aos modelos de agregação de informação contextual 49

6 Conclusões e Trabalho Futuro **53**
6.1 Conclusões 53
6.2 Trabalho Futuro 54

Referências **58**

A Matrizes de Pesos **59**
A.1 Quantidade a fornecer $\leq$ 50.000 unidades, Dias até à data de entrega: 1 a 2 59
A.2 Quantidade a fornecer $\leq$ 500.000 unidades, Dias até à data de entrega: 1 a 2 59
A.3 Quantidade a fornecer $\leq$ 1.000.000 unidades, Dias até à data de entrega: 1 a 2 60
A.4 Quantidade a fornecer $\leq$ 50.000 unidades, Dias até à data de entrega: 3 a 5 60
A.5 Quantidade a fornecer $\leq$ 500.000 unidades, Dias até à data de entrega: 3 a 5 61
A.6 Quantidade a fornecer $\leq$ 1.000.000 unidades, Dias até à data de entrega: 3 a 5 61
A.7 Quantidade a fornecer $\leq$ 50.000 unidades, Dias até à data de entrega: 6+ . 62
A.8 Quantidade a fornecer $\leq$ 500.000 unidades, Dias até à data de entrega: 6+ 62
A.9 Quantidade a fornecer $\leq$ 1.000.000 unidades, Dias até à data de entrega: 6+ 63

Lista de Figuras

3.1 Equação que define o *hysteresis loop*. 25
3.2 Gráfico da curva de histerese 25
3.3 Gráfico da função SINALPHA. 26
3.4 Função seno que define a curva SINALPHA. 26
3.5 Gráfico comparativo do comportamento das curvas SINALPHA e HYST-PLUS submetidas a um agente honesto. 27
3.6 Gráfico comparativo do comportamento das curvas SINALPHA e HYST-PLUS submetidas a um agente desonesto. 28
3.7 Gráfico comparativo do comportamento das curvas SINALPHA e HYST-PLUS submetidas a um agente ”oportunista”. 29
3.8 Factor de penalização aplicado aos fornecedores em função dos contratos violados 32
3.9 Exemplo do cálculo do grau de recomendação para um fornecedor. 33
3.10 Regra para o cálculo do peso a atribuir à componente de inferência contextual. 33

4.1 Expressão para o cálculo da utilidade de uma proposta. 36
4.2 Expressão para a normalização do grau de recomendação de cada fornecedor. 37
4.3 Diagrama da arquitectura 40
4.4 Diagrama de actividades 41

5.1 Gráfico comparativo da utilidade média por modelo de agregação na experiência A1 e A2. 44
5.2 Gráfico comparativo da média de contratos violados por cliente por modelo de agregação na experiência A1 e A2. 44
5.3 Gráfico comparativo da percentagem média de contratos violados nas últimas 150 transacções de cada simulação por modelo de agregação na experiência A1 e A2. 45
5.4 Gráfico comparativo da utilidade média por modelo de agregação na experiência B1, B2 e B3. 46
5.5 Gráfico comparativo da média de contratos violados por cliente nas últimas 10 transacções de cada simulação por modelo de agregação na experiência B1, B2 e B3. 47
5.6 Gráfico comparativo da percentagem média de contratos violados nas últimas 150 transacções de cada simulação por modelo de agregação na experiência B1, B2 e B3. 47

5.7 Diagrama com a divisão em fases das simulações realizadas para validar a reacção dos modelos à mudança brusca no comportamento dos fornecedores 48
5.8 Gráfico comparativo da diferença da média de contratos atribuídos antes e depois da mudança de comportamento dos agentes do tipo ”Good”. . . . 49
5.9 Gráfico comparativo da utilidade média em cada modelo de agregação no final das simulações. 49
5.10 Gráfico comparativo da média de contratos sucedidos nas últimas 25 rondas de cada simulação para cada método de agregação de informação contextual. 50
5.11 Gráfico comparativo da média de contratos bem sucedidos em 25 rondas de simulação para o uso exclusivo do grau de confiança ou de um grau de recomendação em conjunto com o grau de confiança. 51
5.12 Gráfico comparativo da média de contratos bem sucedidos em 75 rondas de simulação para o uso exclusivo do grau de confiança ou de um grau de recomendação em conjunto com o grau de confiança. 52

A.1 Código de cores para especificação dos pesos na matriz. 59

Lista de Tabelas

2.1 Tabela de abreviaturas usadas no sumário dos modelos de agregação de confiança 19
2.2 Tabela de sumário das características principais dos modelos analisados . 20

3.1 Exemplo de uma matriz de resultados de um agente. 30
3.2 Exemplo do esquema de cores aplicado a uma matriz de resultados para ilustrar os diferentes pesos associados a cada célula. 31

4.1 Tabela de especificação dos comportamentos possiveis dos fornecedores . 38

5.1 Especificação das variáveis utilizadas na experiência A1 43
5.2 Especificação das variáveis utilizadas na experiência A2 44
5.3 Especificação das variáveis utilizadas na experiência B1. 45
5.4 Especificação das variáveis utilizadas na experiência B2. 46
5.5 Especificação das variáveis utilizadas na experiência B3. 46

Abreviaturas e Símbolos

B2B	Business-to-Business
B2C	Business-to-Consumer
LIACC	Laboratório de Inteligência Artificial e Ciências da Computação
CTR	*Computational Trust and Reputation*
IE	Instituição Electrónica
PAGE	*Perception, Action, Goals and Environment*
OV	Organizações Virtuais

Capítulo 1

Introdução

Este trabalho de dissertação procura explorar a utilização de medidas de confiança em sistemas automáticos de interacção *Business-to-Business* (B2B). Neste capítulo procuraremos enquadrar este trabalho e motivar para a importância desta temática. Salientam-se ainda os objectivos a alcançar com esta dissertação assim como a sua estrutura.

1.1 Contexto

Desde que o Homem inventou a empresa, existiu sempre uma motivação comum a todos os seus negócios, uma característica orientadora de todas as acções: a procura do *lucro*, que tem sido a justificação principal para a actual caracterização dos processos de negócio. Esta motivação sempre instigou as empresas a aumentarem ao máximo a sua eficácia, produzir mais e gastar menos e, nesta procura, a tecnologia tem sido o aliado mais precioso, porque há sempre maneira de aproveitar a última evolução tecnológica a nosso favor, com o bónus de, sendo os primeiros a fazê-lo, passar à frente da concorrência.

Com o aparecimento da Internet, surgiram novas e mais ágeis formas de se negociar e processar transacções, dando assim origem a novas possibilidades para o tipo de negócio denominado B2B. Deu-se assim resposta às necessidades de eficácia de vários negócios porque se consegue, de uma forma mais económica [LT08], gerir trocas comerciais de produtos ou informação entre empresas, através da Internet ou de Intranets, substituindo processos físicos mais morosos e complexos. O B2B representou uma mudança de paradigma em relação ao tipo de negócio mais comum na Internet até à altura, o *Business-to-Consumer* (B2C), em que as empresas passam a transaccionar produtos, informação e serviços entre si em oposição ao consumidor comum.

Sendo a evolução tecnológica o catalisador principal para o aumento da eficácia e facilidade com que negociamos hoje em dia, existe ainda um factor que mantém a sua

grande importância inalterada, esse factor é a confiança existente entre quem negoceia, ou seja, entre quem compra, vende ou troca, e sem a qual dificilmente há negócio que se faça, independentemente do preço oferecido, da qualidade do material ou de outras vantagens que se possam adicionar. Não obstante, em certas situações as empresas prestam-se a negociar com um factor de risco presente, por exemplo quando as condições oferecidas por outra empresa são suficientemente atractivas para anular um grau de confiança menos bom ou menos informado dessa empresa. Noutras situações tal empresa poderá inclusive constituir a única alternativa existente para um determinado negócio, situação em que a confiança poderá ter um papel menos determinante por falta de opções.

Existem várias definições de confiança, havendo quem defenda que é o grau de certeza no comportamento futuro de uma entidade, tendo por base as suas acções em experiências passadas [ARH00], ou o à vontade que uma parte tem em submeter-se as acções de outra entidade, baseando-se nas expectativas de como essa entidade irá realizar determinada acção importante [JKL98]. De qualquer das maneiras, há duas ideias a reter: i) que a Confiança numa entidade está directamente relacionada com os seus comportamentos passados; e ii) a confiança serve como uma crença em como um agente se vai comportar como acordado apesar da possível oportunidade de obter maiores lucros quebrando o que estava prometido [Das98].

Se pretendermos aplicar a noção de confiança a empresas num sistema B2B, em que estas serão representadas por agentes de software, é importante perceber como é que se forma e trata a Confiança na sociedade humana, para melhor a conseguir adaptar este conceito a entidades que emulam, embora de forma mais simplificada, o nosso comportamento e forma de pensar.

A confiança é algo que, com mais ou menos objectividade, todos somos capazes de determinar. Instintivamente, podemos classificar alguém com "confio totalmente", "não confio", "confio pouco", etc., sem que para isso tenhamos que aplicar um raciocínio muito elaborado, bastando que nos lembremos de experiências passadas que nos permitam dar uma avaliação positiva ou negativa. Poderá ainda acontecer que essas experiências passadas não existam, o que na maior parte das vezes nos levará a atribuir o grau de "benefício da dúvida" ou, se tivermos um longo historial de quebras de confiança, atribuímos um "não confio".

O nosso sistema interior para o cálculo da confiança começa a ser desenvolvido, quando ainda bebés. Dependemos dos nossos progenitores nas necessidades mais básicas, podendo, a partir daí, obter uma relação entre a tendência para se confiar e a forma ou eficácia com que as nossas necessidades foram tratadas [Ain79]. À medida que se vamos crescendo e aumentando o número de pessoas com as quais temos contacto, vamos ganhando mecanismos de inferência sobre como alguém desconhecido se vai comportar no futuro, isto devido a associações que fazemos com pessoas que já conhecemos e como estas se vieram a comportar em função da impressão inicial [Rot54].

Como base para a construção de confiança surgem valores como o altruísmo, que é fundamental para a sobrevivência de muitas espécies animais, humanos incluídos. Sabe-se que quando dois indivíduos se confiam mutuamente, as suas hipóteses de sobrevivência aumentam [Tri71]. Nesse caso, esses indivíduos não terão razões para não investir mais na próxima interacção, e se assim for, ao longo do tempo irá aumentar não só a dependência de um no outro, mas também a Confiança nessa parceria [BSBS64]. Este tipo de angariação de Confiança é baseado em experiências passadas, devido à repetição do mesmo tipo de interacção.

Os Humanos têm outra forma de determinar instantaneamente se confiam ou não numa determinada entidade no caso de não existirem experiências passadas. Para isso baseiam-se em pistas dadas pela imagem exterior da entidade a confiar, sendo que a essas pistas alguns autores chamaram *manifesta* [BG01]. Este tipo de confiança pode dar muitas vezes origem a comportamentos injustos, estereótipos errados ou discriminação, mas a verdade é que o "fato e gravata" são sempre escolhidos para as entrevistas de emprego, só para dar um exemplo, de forma a passarmos como nossa *manifesta* as ideias de profissionalismo e responsabilidade.

Nos sistemas automáticos de interacção B2B, os negócios ou transacções, que eventualmente venham a ser realizadas, ganham muito com a inclusão de um grau de confiança às entidades que nele participam. Assim, se imaginarmos um conjunto de entidades que fornecem um produto a um comprador, haverá sempre a procura pela melhor relação preço/qualidade/quantidade, mas o mais certo é o comprador não optar por aquele que será teoricamente o melhor negócio se não tiver tido boas experiências, ou boas referências, desse fornecedor.

Assim, nestes sistemas podemos abordar a confiança sob duas perspectivas. Em primeiro lugar, a necessidade de um modelo de agregação de confiança, que permita a cada entidade (representada por um programa a que chamamos de agente, e que será alvo de uma descrição mais detalhada no capítulo seguinte) inferir sobre a eficiência, reciprocidade e honestidade das outras entidades com quem se envolve. Em segundo lugar, a forma como se obtêm os dados necessários para calcular esse grau de confiança [RHJ04].

Na prática estes modelos irão categorizar os agentes a eles submetidos, fazendo com que os agentes com maior confiança sejam mais vezes escolhidos para os diversos negócios, em detrimento daqueles com menor confiança.

Um bom modelo de agregação de confiança não deve ser assim tão simplista, devido ao variado número de situações que podem ocorrer e que podem turvar os resultados. Por exemplo, agentes que em geral são de excelente confiança, mas que ultimamente não têm tido um comportamento satisfatório, talvez devam ser evitados por outros agentes, já que naquele momento, o seu anterior grau de Confiança ainda não reflecte o comportamento mais recente.

Associado aos modelos de agregação de confiança, aparecem não raramente a utilização

da reputação [RZ02, ZM00, Sab03], como mais uma forma de obter informação sobre entidades alvo, e que também está incluída no modelo em desenvolvimento no Laboratório de Inteligência Artificial e Ciências da Computação (LIACC), denominado de "Computational Trust and Reputation"(CTR). Neste contexto, é importante referir que a informação realmente útil para o modelo é a imagem dessas entidades, ou seja, a avaliação que é feita dessa entidade, tendo em conta um conjunto de comportamentos ou características, por uma outra parte [CP02], sendo a reputação o acto ou efeito de transmissão dessa imagem.

1.2 Enquadramento

Esta dissertação foi desenvolvida no LIACC, um grupo de investigação, que incide especialmente os seus trabalhos na resolução de problemas que, por serem inerentemente Distribuídos, Descentralizados e em ambientes Dinâmicos (DDD), fazem apelo às Tecnologias de Natureza Distribuída, com especial destaque para os sistemas multi-agente. As plataformas de negociação e de contratos para comércio electrónico, são temáticas nucleares desta dissertação.

O Sistema de Medida de Confiança para Selecção de Empresas em Sistemas B2B enquadra-se no âmbito do LIACC devido ao desenvolvimento em paralelo de uma plataforma denominada Instituição Electrónica (IE), uma plataforma baseada em multi-agentes que tem como principal objectivo providenciar serviços para a criação e execução segura e confiável de relações contratuais entre empresas [RCO05].

De todos os serviços desenvolvidos ou em desenvolvimento na IE, destacam-se:

- o de *Brokering*, que funciona como um serviço de páginas amarelas onde se anunciam todos os agentes (Entidades/Empresas/Organizações) disponíveis;
- o de Negociação, que incluí os protocolos de negociação, a mediação da negociação, o mapeamento de ontologias e modelos para os contratos a serem estabelecidos entre agentes;
- o de Monitorização de contratos, que impõe o cumprimentos das normas contratuais e a aplicação de sanções em caso de violação dessas normas;
- e o CTR, módulo responsável por inferir quanto ao grau de confiança a atribuir a cada entidade presente na IE, tendo por base os resultados dos contratos estabelecidos por estas.

O Sistema de Medida de Confiança é essencial no momento da negociação porque será daí que será obtido o grau de Confiança de cada agente para o negócio respectivo. É também importante no momento da monitorização de contratos, já que é essencial que cada sucesso ou insucesso no cumprimento do contrato seja registado no modelo para que sirva como "experiência passada" para ser tida em conta no futuro.

É este modelo que estará na base do CTR, e que implementará de forma mais concreta a agregação de Confiança na Instituição electrónica. O trabalho desenvolvido nesta dissertação vem dar um contributo importante a este componente, através da exploração e experimentação de novas abordagens práticas aos modelos de agregação de confiança, assim como, do desenvolvimento de uma componente de informação contextual, como mais uma fonte de informação para o modelo.

1.3 Descrição do Problema

Quando uma empresa precisa de seleccionar, de entre um conjunto de empresas, um parceiro para um negócio, beneficiará se o fizer tendo em conta o grau de Confiança que tem em cada uma delas. Por isso, num sistema automático de interacção B2B, é de grande utilidade providenciar a cada entidade um sistema capaz de calcular quanta Confiança se deve depositar em cada um dos possíveis parceiros tendo por base o seu historial.

A melhor forma de abordar este problema é começar por perceber quais são as principais variáveis construtoras de Confiança ou, mais concretamente, que dados podemos recolher do comportamento de uma empresa num sistema B2B que ajudem a inferir sobre o seu grau de Confiança. Sendo as relações entre as várias empresas num sistema B2B maioritariamente orientadas às transacções de bens e serviços, é fácil perceber que uma parte essencial para a aceitabilidade legal de todo o sistema passará pela elaboração de contratos. Assim sendo, e seguindo o senso comum, se uma empresa cumprir todos os contratos que celebra será dita de confiança, o mesmo já não acontecendo, por exemplo, se só cumprir parte desses. No entanto, convém frisar que o estabelecimento de contratos como prática de relacionamento entre entidades advém do contexto da Instituição Electrónica, existindo autores que propõe outras abordagens para atingir o mesmo fim, que é o de representar compromissos entre duas partes num negócio [CP02].

No entanto, o número de contratos violados não é a única variável que se deve ter em conta, já que outros factores podem servir para acrescentar realismo ao modelo, como por exemplo a "novidade" dos dados presentes no historial (quão recentes são) ou a quantidade de resultados de contratos incluídos no cálculo da Confiança. Todas estas variáveis têm depois de ser agregadas em algo fácil de interpretar e usar pelas empresas (agentes) no sistema. É precisamente esse o modelo desenvolvido no LIACC, representando um Sistema de Medida de Confiança para Selecção de Empresas em Sistemas B2B.

Depois de disponibilizados os dados relativos à confiança, é computado um valor (*score*), tornando-se necessário um mecanismo de desambiguação, algo que possa decidir, com benefício para quem contrata, entre duas ou mais empresas que possam ter graus de Confiança muito próximos. Será necessária uma inferência sobre os parceiros analisados com respeito a outras características e comportamentos, para além de contratos cumpridos e não cumpridos, que possam dar outros tipos de informação a quem escolhe para além

da confiança a depositar em cada um. Esta informação ganha mais relevância quando é obtida em função de um contexto específico, transformando-se numa recomendação personalizada, fazendo com que para uma mesma entidade, se possa atribuir diferentes graus de recomendação em função de diferentes contratos ou diferentes compradores. Esse grau de recomendação será depois conjugado com o grau de confiança, permitindo agregar num só valor, o quão confiável e o quão recomendado, para um negócio, é um fornecedor.

1.4 Motivação e Objectivos

Os negócios B2B têm cada vez mais importância económica e social, e representam um apelo constante ao desenvolvimento de novas tecnologiass. Daí a necessidade de desenvolvimento de plataformas que permitam gerir e automatizar algumas das actividades recorrentes nesse tipo de interacções, como são as de selecção de parceiros e contratação. A Instituição Electrónica, em desenvolvimento no LIACC, é uma dessas plataformas, e o Sistema de Medida de Confiança a que nos temos referido, representará uma nova e importante ajuda para a sua componente de selecção de parceiros.

Sendo esta plataforma do tipo multi-agente é essencial que estes agentes representem (no que lhes compete) o mais fielmente possível as empresas do mundo real, já que quanto mais realistas forem os seus comportamentos, mais fácil será negociarem como estas empresas. No entanto, para além de todas as regras que se possam incluir no processo da selecção de parceiros, é necessário, para própria defesa de quem contrata, conseguir, até certa medida, prever o comportamento futuro de uma empresa uasndo, principalmente, os registos dos contratos por ela celebrados no passado. É esse o principal objectivo do Sistema de Medida de Confiança, que desta forma consegue incutir em escolhas feitas por pequenos programas de computador uma característica que até aqui estava reservada às escolhas feitas por humanos.

Esta problemática do cálculo do grau de confiança no contexto de um sistema multi-agente tem vindo a ser alvo de importantes estudos (ver capitulo 2), existindo vários modelos que modelam não só a confiança, mas também a própria reputação que um determinado agente tem junto dos restantes. No entanto, tentar incutir no nosso modelo algumas características do senso comum, relativamente à forma como construímos confiança, é uma das principais motivações, quer como forma de enriquecer o modelo, quer como forma de o diferenciar dos restantes.

A outra componente incluída na inferência do valor de uma empresa para um negócio, o grau de recomendação, obtido através de informação contextual, é uma área ainda muito pouco explorada como factor de afinação, especialmente em conjunto com a noção de Confiança, acrescendo por isso uma componente extra de motivação.

Como já foi referido em cima, o objectivo principal desta dissertação passa por implementar e testar um modelo de medida de confiança no contexto da selecção de empresas em sistemas B2B. Tal objectivo implica também:

- Desenvolver uma aplicação de simulação de selecção de empresas para testar o modelo num cenário realista de forma a atestar a sua utilidade, comparando-a com outros modelos existentes;
- Desenvolver o modelo dotando o cálculo de confiança de pormenores comparáveis aos observados na formação de confiança nas relações entre humanos;
- Desenvolver um método desambiguador de decisão baseando-se em informação contextual de cada empresa, uma ideia já existente no seio do LIACC, mas desenvolvida e concretizada neste estudo.

1.5 Estrutura da Dissertação

Esta dissertação está dividida em seis capítulos, sendo o primeiro desses a Introdução, que finaliza agora com a descrição da estrutura do documento. No capítulo seguinte, ”Revisão Bibliográfica”, irá ser feito um estudo mais aprofundado do ambiente tecnológico e teórico que rodeia esta dissertação, nomeadamente, os Sistemas Mulit-Agente, o tipo de modelo de negócio B2B, a plataforma Instituição Electrónica na qual este trabalho assentará, uma análise mais detalhada a modelos de agregação de Confiança desenvolvidos por outros investigadores e, por fim, um espaço para descrever a plataforma de simulação utilizada.

No capítulo três será feita uma descrição mais exaustiva do problema em estudo, assim como a análise das soluções encontradas. No quarto capítulo será apresentada a aplicação de simulação desenvolvida, descrevendo os seus requisitos e ilustrando a sua arquitectura. No capítulo cinco serão demonstrados e analisados os resultados experimentais obtidos com a aplicação de simulação desenvolvida. O capítulo seis será reservado para conclusões e sugestões de trabalho futuro.

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

2.1 Introdução

Neste capítulo irão ser apresentadas as várias temáticas e conceitos que estão mais directamente relacionadas com o conteúdo desta dissertação, com especial evidência para a agregação de confiança em diferentes ambientes e modelos, que serão também analisados como referências para o modelo estudado nesta dissertação.

2.2 Sistemas Multi-Agente

Para melhor perceber as dinâmicas e vantagens de um sistema multi-agente convém primeiro conhecer a funcionalidade de um Agente. Um Agente é uma entidade computacional com capacidades de percepção do ambiente que o rodeia e de interacção com esse ambiente, e que tem como principal vantagem a capacidade de se poder delegar neles tarefas dispendiosas em tempo, processamento, memória, poder de decisão, etc.

Um Agente tem normalmente um objectivo e um conjunto de comportamentos que usa para atingir esse objectivo, para além de várias características que pode evidenciar dependendo do problema que enfrenta, como Autonomia, em que mantém controlo sob as suas acções; Reactividade, em que analisa o ambiente que o rodeia e reage a este; Proactividade, actua no ambiente em função do que o ajuda a conseguir os seus objectivos e Sociabilidade, interagindo com outros agentes e humanos, cooperando pelo bem comum [Oli08].

Um exemplo prático de um Agente pode ser dado segundo a descrição PAGE [RN03] de *Perception*, *Action*, *Goals* e *Environment*, em que temos como exemplo um sistema de diagnóstico médico, em que as percepções serão dadas pelos sintomas, as acções serão as várias perguntas feitas ao paciente, exames e tratamentos, os objectivos passam por garantir a saúde dos pacientes minimizando os custos, sendo o ambiente o próprio paciente e o hospital.

Estes Agentes enquadram-se num sistema Multi-Agente, porque, como empresas virtuais que são num mercado electrónico, formam um ambiente em que toda a informação se encontra distribuída e onde quer as acções, quer a decisão, se encontram descentralizadas.

2.3 O Tipo de Negócio B2B

A este tipo de negócio concernem todas as transacções comerciais (serviços, produtos, informação) entre empresas, como por exemplo, entre fornecedores e construtores, ou entre construtores e retalhistas. O B2B já ultrapassou em muito o volume de negócios proporcionado pelo B2C, isto porque se analisarmos as cadeias de produção de todos os produtos fabricados hoje em dia, observamos que para cada produto há uma transacção B2C e várias B2B, correspondentes a cada peça ou módulo, que constituem o produto, e que precisam de ser adquiridas a outros negócios previamente.

As rápidas mudanças que existem no mercado, levam a alterações constantes dos requisitos dos consumidores, que por sua vez obrigam a reconfigurações dentro da própria empresa, surgindo assim a necessidade de desenvolver Sistemas B2B, que comportem várias empresas e os seus diversos processos de negócio fazendo-os cooperar, entre departamentos e negócios, para atingirem um fim comum [Ala08].

Este tipo de sistemas e principalmente as empresas que os põem em prática, enfrentam alguns desafios:

- **Segurança** - É preciso proteger toda a camada informática, como as bases de dados, redes ou as aplicações de pagamento, garantindo ainda a autenticação de todas as entidades de um negócio, assim como a sua privacidade;

- **Integração** - Deve garantir-se a integração destes sistemas com todos os outros sistemas já existentes na empresa, de forma a dar robustez à informação e diminuir o fosso de comunicação com as restantes áreas da empresa;

- **A gestão de inventário** - É essencial que exista consistência entre as quantidades que se tem em stock, as quantidades que se diz ter online e as quantidades que estão a ser transaccionadas;

- **A resistência à mudança** - É um dos principais dificuldades quando se tem de adoptar novas políticas numa empresa, porque esta pode partir de dentro da empresa, por obrigar a novos comportamentos e à quebra de hábitos, mas também pode vir de fora, porque serão dadas novas exigências a fornecedores, mercados e até clientes;

- **Legislação** - Sendo o negócio electrónico um fenómeno relativamente novo, a legislação que já existe ainda não se encontra totalmente afinada para o B2B, principalmente

pela falta de coerência que existe nalguns procedimentos e que só pode ser corrigida quando este tipo de sistemas se encontrar mais enraizado. Para além disso, é preciso concertar a legislação de uma forma internacional, para que certas questões como politicas de privacidade, direitos de autor e até de impostos possam ser simplificadas, e assim mais atractivas para uma empresa que queira embarcar neste tipo de negócios.

Para enquadrarmos este tipo de negócio com as necessidades de desenvolver um Sistema de Medida de Confiança, é importante definir os actores principais: empresas e parceiros de negócio que serão alvo de inferência e cálculo de Confiança, mas por outro serão empresas e parceiros de negócio.

2.4 A Instituição Electrónica

O conceito de Instituição Electrónica (IE) [RCO05] está a ser desenvolvido como uma plataforma que providencia um ambiente normativo que regula o estabelecimento de contratos entre empresas, assegurando e avaliando ao mesmo tempo o seu cumprimento. Na própria definição da IE estão as suas principais vantagens, primeira, o poder garantir a legitimidade e segurança, a todos os membros que nela estão incluídos, realizando trocas comerciais de forma muito mais eficiente, e segunda, poder agir como agente de confiança dando garantias de supervisão de todo os processos relacionados com o estabelecimento e cumprimento de contratos.

É na junção do conceito de Instituição Electrónica com o de Sistemas B2B que aparece um novo conceito, o de *Organização Virtual* (OV), i.e. consórcios temporários de empresas tendo em vista a partilha de recursos para atingir objectivos a curto prazo e explorar as tendências de mudança constante do mercado [Car06, DKP+99], que por serem implementadas em Sistemas Multi-Agente usando cenários do mundo real, precisam de ver as suas acções devidamente regulamentadas por normas, nomeadamente no que toca a políticas de negociação, definição de contratos e posterior aplicação ou não de sanções.

A definição de normas para a constituição de contratos electrónicos, representação virtual dos contratos estabelecidos no mundo real, é fulcral para a Instituição Electrónica, primeiro porque procura assegurar que as obrigações vão ser cumpridas entre as partes, mas também porque vão representar informação essencial, como histórico de comportamentos, para inferir sobre o grau de Confiança que uma determinada Empresa pode ter. No entanto, esta prática não é regra para todas as Instituições Electrónicas, nem para todos os modelos de agregação de confiança [Sab03, HJS06], visto que se podem obter dados sobre o comportamento de Empresas sem usar os resultados dos seus contratos. De uma forma geral, um contrato electrónico terá os seguintes componentes: identificação das entidades participantes, a designação dos produtos e/ou serviços a serem transaccionados e

uma descrição das acções a serem levadas a cabo por cada participante, que normalmente se baseiam em *deadlines* e pré-condições.

Se algumas das partes se desviar do que ficou estabelecido poderá incorrer em sanções, que serão atribuídas segundo o que está estabelecido no próprio contrato ou pelas próprias definições do ambiente normativo; no entanto, como naturalmente nenhuma entidade se vai auto-penalizar, é necessária a existência de um agente intermediário que possua a confiança de todas as partes envolvidas, e que esteja designado como executor de sanções. Todas estas condições de monitorização e acção penalizadora automática representam um grande desafio para os investigadores, já que se envolvem em questões legais de elevada complexidade e de juízo subjectivo, sendo por isso importante a implementação de outros mecanismos, como os de agregação de confiança e informação contextual, que dinamizem esses processos.

2.5 Confiança e Reputação

Num Sistema Multi-Agente onde se realizam transacções comerciais, e onde as entidades envolvidas têm autonomia para violarem de alguma forma o que ficou estabelecido em contrato, o desenvolvimento de modelos de confiança é de grande preponderância para se poder seleccionar com que parceiros negociar e em que termos podem ser compostos os respectivos contratos.

Assim sendo, podemos analisar a confiança sob duas perspectivas [RHJ04]:

- Orientada ao indivíduo - baseado na crença de um Agente em como os seus parceiros serão honestos;
- Orientada ao sistema, em que as entidades do sistema são forçadas pelas suas normas a cumprirem o que fora estabelecido.

A confiança ao nível do indivíduo é a forma mais clara de abordar este problema. É usada quando um agente precisa de escolher o parceiro mais competente para um negócio e existem várias formas de ser computada. O agente e candidatos podem interagir algumas vezes até perceberem melhor com que tipo de comportamento estão a lidar, o que eventualmente servirá para tomar uma decisão consciente sobre qual o parceiro mais confiável. Este agente precisa primeiro de *acreditar* que um determinado candidato é capaz de fazer aquilo que ele pretende, e que depois irá efectivamente fazê-lo. É neste conjunto de crenças, com o respectivo grau de incerteza associado, que se pode representar a confiança que o agente tem no candidato [CF98].

Por outro lado, o Agente pode querer saber experiências de outros com os mesmos parceiros, sendo que neste caso, e se confiar em quem lhe está a dar essas informações, pode fazer também uma escolha informada. Aqui demonstra-se a importância da reputação

como mecanismo de selecção de parceiro, no entanto, é importante distinguir a diferença entre *reputação* e imagem, visto que se tratam de fontes de informação diferentes e que podem, em certos casos, apresentar-se contraditórias.

A imagem advém de interacções directas, é a avaliação que um agente faz das características ou comportamento de outro depois dessas terem ocorrido [CPS07]. A reputação é uma crença de que outros sabem se um dado agente tem uma boa ou má imagem [CPS05], e que é construída à custa da transmissão dessa imagem. Podem ser identificados três tipos de uso de imagem no processo de construção de reputação:

- A aceitação de uma crença numa imagem ou numa dada reputação, dando a uma avaliação que se crê verdadeira o mesmo valor que se dá a uma interacção directa;
- O uso da imagem com o objectivo de decidir se deve ou não ocorrer uma interacção com uma determinada entidade;
- A transmissão destas crenças a outras entidades.

A reputação representa um complemento importante para o modelo de agregação de confiança, porque permite a uma entidade obter maiores quantidades de informação sobre um determinado parceiro, sem que para isso tenha que ter existido uma interacção directa com este. No entanto, é acrescido neste caso um outro factor de incerteza, relativo ao grau de confiança da entidade que está a transmitir uma dada imagem, que se representar maiores lucros para si, pode passar um rumor negativo sobre um agente independentemente das suas crenças (existem modelos de agregação de confiança baseados em reputação que penalizam estes comportamentos, ver 2.6.6).

Uma outra forma de inferência passa pela tentativa de caracterização das motivações dos potenciais parceiros, podendo, mas de forma mais subjectiva e por isso mais falível, conseguir perceber quanta Confiança se pode depositar em cada um deles.

A confiança ao nível do sistema implica a confiança num conjunto de regras ou normas que regulam vários tipos de mecanismos de interacção entre agentes, como leilões, mercados, estabelecimento de contratos, só para dar alguns exemplos. Sendo as principais características de um Agente a pro-actividade, autonomia e perseguição de um objectivo, é de todo espectável que estes mecanismos, e os ambientes que os regulam, estejam à espera que os seus intervenientes não cumpram o prometido se isso lhes garantir maior retorno, sendo por isso normal que implementem essas normas para garantir a fiabilidade do sistema, e por arrasto a Confiança dos agentes. Estas normas podem passar por: prejudicar extensivamente a reputação de um agente que não seja cumpridor, criar protocolos que inviabilizem o ganho para um agente que viole os seus contratos ou até obrigar os agentes a apresentarem um tipo de "carta de recomendação", que ateste a sua honestidade, à entrada para o sistema.

Neste contexto, a determinação do grau de confiança num Agente representa três vantagens para a Instituição Electrónica: primeira, ajudando directamente a determinar qual o parceiro mais confiável para um determinado negócio; segunda, possibilita a redefinição dos critérios de interacção, em que por exemplo, um agente pode definir a sua postura ao longo da negociação dependendo da Confiança que deposita na outra parte; e terceira, clarificando o que deve ficar estabelecido no contrato, acrescentando mais ou menos pormenores consoante a maior ou menor Confiança.

2.6 Modelos de Agregação de Confiança e Reputação

Os modelos de confiança para acrescentarem alguma utilidade devem poder ser aplicados a agentes, para que estes possam inferir sobre a confiança de outras entidades, exprimir um certo grau de incerteza quanto à inferência, alterar os resultados à medida que vão chegando dados mais recentes para análise e apresentar a Confiança inferida numa grandeza fácil de utilizar pelo sistema. Outra característica importante a observar neste modelos passa pela capacidade em avaliar o comportamento dos agentes ao longo do tempo, para depois, partindo daí, inferir melhor sobre o quão eficaz são estes a cumprir o que fora estabelecido.

Apresenta-se agora alguns modelos de confiança e Reputação desenvolvidos por outros investigadores e que servem de referência ao modelo apresentado nesta dissertação.

2.6.1 Agent-based Trust and Reputation Management scheme (ATRM)

Boukerche e Li [BL05] apresentam um modelo aplicado a sensores em redes *wireless* com um *backbone* e baseado em agentes móveis. Neste modelo, cada nó da rede possui um agente móvel encarregue de administrar os valores de confiança e reputação desse mesmo nó, assim, sempre que existir alguma transação, o nó requerente faz um pedido ao seu agente móvel que o encaminhará ao agente móvel do nó fornecedor. Dependendo da reputação do fornecedor, o requerente decide se irá prosseguir com a transacção, e se o fizer, depois de concluída, fará uma avaliação da confiança do fornecedor tendo em conta a *Quality Of Service* recebida, enviando-a depois para o seu agente móvel. Usando as avaliações de confiança recebidas, o agente móvel fará computações periódicas da reputação do seu nó na rede.

Este modelo é composto por quatro componentes principais:

- *Agent Launcher*, a autoridade principal do sistema, responsável por lançar TRA's (*Trust and Reputations Assessor*) para a rede, estabelece ainda uma chave secreta com estes para assegurar a agregação de confiança e a propagação da reputação entre os nós.

- *Trust and Reputation Assessor*, é o agente móvel a ser distribuído por cada nó da rede, e para alem de guardar os serviços responsáveis pela agregação de confiança e reputação, guarda também quatro estruturas de dados, neste caso tabelas e *buffers*, com o comportamento desse nó no que respeita à confiança e reputação.

- *Trust Instruments*, é um segmento de dados enviado pelo TRA local a um outro TRA, com o factor temporal da confiança.

- *Reputation Certificates*, é um segmento de dados enviado por um TRA ao seu próprio nó, sendo com base neste que é calculada a sua reputação, no entanto como é incluído no processo o respectivo Trust Certificate, e sendo este orientado ao contexto, a reputação obtida será para um contexto específico no momento T, o factor temporal referido anteriormente.

2.6.2 Infinite Hidden Relational Trust Model (IHRTM)

Rettinger, Nickles e Tresp [RNT08] desenvolveram um modelo baseado em duas entidades, primeiro, o *trustee-agent*, em quem se pretende depositar ou não confiança, e segundo, um conjunto de elementos que definem o estado do ambiente. Cada uma das entidades pode ter vários atributos, entre os quais compromisso ou confiança, se pretendermos conceitos mais gerais, mas também atributos mais particulares a cada problema, como no caso do sistema de *feedback* do *eBay*, onde podemos ter por exemplo: a pontuação dada como *feedback* a um vendedor, a percentagem de feedbacks positivos ou o número de negócios realizados.

Entre as diferentes entidades existem relações que expressam como cada agente interage com cada aspecto do ambiente, saindo dessa interacção um compromisso, como se referiu em cima, e que pode representar o comprometimento de que um vendedor vai vender um produto a um preço x. Associado ao compromisso encontramos a confiança, que pode conter vários atributos associados, conforme o resultado do compromisso assumido antes, e que serão a base do feedback deixado, como o tempo de entrega, ou se o item vendido chegou conforme combinado, só para citar alguns exemplos.

2.6.3 Autonomous Trust Construction Model (ATCM)

Este modelo de Jiang, Xia, Zhong e Zhang [JXZZ05] baseia-se em grafos para agregar confiança, quer através da combinação de grafos, quer através da pesquisa de caminhos. Esta abordagem beneficia a "relação entre confianças", isto porque permite que cada agente faça a gestão e organização da confiança autonomamente. Cada nó do grafo contém informação relativa a todos os nós com quem interagiu, por isso, sempre que for preciso calcular a confiança, é combinada toda a informação nos nós do grafo relativa à entidade em questão.

Dentro do grafo base existem vários sub-grafos, relativos às relações de confiança de cada nó, valendo a pena destacar dois: o *Agents Trust Relation Graph* (ATRG) e o *Agents Trust Sub-Graph* (ATSG). O ATRG, um grafo dirigido, representa as relações de confiança entre agentes. Temos ATRG = (V,E), em que V representa os agentes e E = VxV, ou seja, a confiança entre os dois agentes. O ATSG, um grafo dirigido, que contém a informação relativa à confiança de cada agente. Temos ATSGi = (V',E'), em que V' faz parte de V, e que contém os agentes que mantêm uma relação de confiança com i. E' = V'xV' denota as relações de confiança entre os agente de V'.

Na prática, cada agente gere a sua própria informação relativa à confiança no ATSG, sendo que na fase inicial este grafo só guarda as relações com os agentes com quem tem (ou têm consigo) relações de confiança. À medida que os agentes vão interagindo vão também combinado os seus ATSG's por forma a agregar toda a informação relativa à confiança no sistema. Antes de se estabelecer uma interacção, os dois agentes devem encontrar um caminho de confiança nos seus ATSG's (construindo assim a chamada relação de confiança), no entanto, se tal não for possível, a relação de confiança pode ser construída por um processo automático de negociação.

2.6.4 EBay Reputation Model (ERM)

Este modelo de reputação online [EBa, RZ02] baseia a confiança de um agente nas opiniões dadas a seu respeito por outros agentes, conforme este se tenha, ou não, revelado fiável e competente. É um modelo centralizado que recebe o *feedback* de um negócio, deixado pelos utilizadores intervenientes, quer de uma forma quantitativa, -1 para negativo, 0 para neutro e +1 para positivo, quer de uma forma qualitativa, através de comentários.

Este sistema compila os resultados de cada utilizador, obtidos nos últimos seis meses, através de um soma dos *feedbacks* e atribuindo-lhe um valor global de confiança. De notar que os resultados neutros não são considerados, podendo ainda o utilizador classificar vários aspectos da transacção, como por exemplo: tempos de entrega e esclarecimento de dúvidas, através de um sistema de estrelas.

Esta abordagem é talvez simplista demais para um Sistema Multi-Agente porque condensa numa dimensão vários tipos de variáveis de comportamento, e também porque ao agregar os resultados com o mesmo peso, torna difícil de adaptar o valor da confiança ao comportamento de um utilizador. Por outro lado, o efeito psicológico de um *feedback* negativo é muito forte, mesmo que não afecte de forma significativa a classificação do vendedor (pode continuar acima dos 95%), um vendedor com um mau feedback será muito facilmente encarado como de pouca confiança.

2.6.5 SPORAS

Este modelo de Zacharia e Maes [ZM00] tem por base as mesmas ideias do *EBay Reputation Model*, mas destaca-se for ter sofrido algumas evoluções que pretendem minimizar as principais limitações dos modelos de reputação online comuns.

O SPORAS segue 5 princípios essenciais:

1. Cada novo utilizador começa com um valor de reputação (confiança) mínimo, sendo este melhorado dependendo do comportamento do utilizador ao longo do tempo;

2. A reputação de um utilizador nunca desce abaixo do valor inicial, independentemente do quão desonesto esse utilizador possa ser;

3. Depois de cada feedback recebido, o valor da reputação é actualizado de imediato para reflectir a confiança do utilizador depois do negócio;

4. Dois utilizadores só se podem avaliar uma vez, no entanto, o *rating* existente será actualizado se existirem novas interacções, isto para impedir que dois utilizadores combinados possam inflacionar injustamente o *rating* do outro;

5. Utilizadores com uma reputação elevada sofrem menos alterações de *rating* com as actualizações.

Estes princípios distanciam este modelo do modelo do eBay, em que, por exemplo, tendo o principio 1 e 2, deixa de compensar a um utilizador com má reputação abandonar o sistema para entrar com um "cadastro" limpo. O mesmo se aplica para os novos utilizadores, que podem ser desencorajados a entrar na comunidade porque à partida têm uma "má" reputação, sendo talvez a grande desvantagem deste modelo. Uma vantagem deste modelo está relacionada com a inclusão de um valor de fiabilidade em cada reputação calculada, baseando-se este no desvio entre *ratings* que compõem essa reputação.

2.6.6 Modelo de Jurca e Faultings

Este modelo traz uma abordagem diferente à angariação de reputação, isto porque, usando um mecanismo de recompensas, incentiva os agentes a reportarem como correram as suas transacções [JF03]. Neste modelo, é definido um conjunto de agentes intermediários, os *R-agents*, cujo objectivo é comprar e agregar, através de uma média, os dados recebidos dos agentes, para depois vender essa informação, relativa à confiança, a algum agente, quando este precisar de se decidir sobre um parceiro antes de um negócio.

Para promover a honestidade na transmissão de informação sobre um resultado de um negócio, os agentes irão perder dinheiro se os seus relatórios se revelarem pouco fiáveis, o que os leva a "perceber" que terão mais lucros se cooperarem, o que ao mesmo tempo aumenta a qualidade dos valores de confiança de cada actor do sistema.

Como ponto menos positivo, este modelo usa uma representação binária para os seus relatórios de transacções, 0 se o agente não cumpriu o prometido, ou 1 se cumpriu, o que pode ser muito limitativo para certas aplicações com mais variáveis resultantes de uma interacção.

2.6.7 Regret

Este modelo [Sab03, SS01] distingue-se dos anteriores por ser completamente descentralizado, ou seja, cada agente é capaz de avaliar a reputação de um outro agente sem passar por uma autoridade central.

Cada agente irá guardar numa base de dados local os resultados de todas as interacções com os vários parceiros, sendo depois daí que irá obter o valor da confiança através de uma média ponderada de acordo com a "novidade" dos *ratings* utilizados, ou seja, um resultado mais recente tem mais peso na média porque é considerado mais representativo do comportamento actual desse agente.

Ao valor obtido da confiança é também associado um valor de fiabilidade, tal como acontece com o modelo SPORAS, em que um valor será tanto mais credível quanto maior for o número *ratings* tidos em conta e menor o desvio entre esses mesmos *ratings*.

Ao valor da confiança, e como se assume que os agentes estão dispostos a partilharem a opinião que têm dos outros, junta-se a imagem transmitida por testemunhas, que compõem a rede social de cada agente (um grafo com todos os parceiros do agente), cujos mecanismos do Regret analisam à procura da melhor testemunha para cada caso e do peso mais adequado para as suas opiniões. O Regret é também composto por outras duas formas de angariar reputação, dada pelos vizinhos do agente e pelo próprio sistema.

Este modelo tem a vantagem de conseguir angariar informação de várias fontes, o que teoricamente dá qualidade à decisão tomada, e fá-lo de uma forma descentralizada, o que liberta o sistema da sobrecarga de todo o processo de comunicação, ao mesmo tempo que se aproxima dos paradigmas de autonomia e distribuição característicos dos Sistemas Multi-Agente. A principal desvantagem do Regret está na dificuldade em pô-lo em prática, já que não se especifica como cada agente deve construir a sua rede social.

2.6.8 Referral System

Este modelo de Yu e Singh [YS01, YS03] também baseia a sua construção de reputação num mecanismo de testemunhas, sendo também um modelo descentralizado, em que os agentes cooperam através de recomendações que fazem a outros agentes.

Cada agente possui uma lista dos agentes com os quais já interagiu, juntamente com as capacidades que reconhece a cada um. Assim, quando um agente precisar de alguma informação sobre um potencial parceiro, envia uma *query* a cada um dos seus conhecidos, sendo que estes, se o "conhecerem", irão responder com a sua opinião sobre esse agente,

ou em caso contrário, recomendar alguns agentes da sua lista de conhecidos, que ache que poderão providenciar as informações pretendidas.

2.6.9 TRAVOS

Este modelo baseia-se principalmente na teoria das probabilidades [TPJL05], implementando uma representação binária para o resultado das transacções, tal como no modelo de Jurca e Faultings, i.e. 1 para sucesso e 0 para insucesso. O modelo utiliza distribuições beta para modelar a probabilidade de uma determinada interacção entre dois agentes ser bem sucedida.

O modelo utiliza ainda funções densidade de probabilidade, para calcular a certeza do valor de confiança dado anteriormente, que por sua vez, se for abaixo de um nível predefinido, fará com que o modelo recorra a testemunhas como fonte de informação sobre comportamentos passado do agente. Esta informação dada pelas testemunhas é passada sob a forma de uma frequência de zeros e uns, conforme os sucessos ou insucessos que essa testemunha tenha tido nas interacções com o agente referenciado, e pretende garantir que o grau de confiança atribuído a uma entidade seja mais justificado.

Uma das características que diferenciam este modelo dos restantes está na forma de avaliar as recomendações feitas pelas testemunhas. Esta avaliação ocorre sempre no final de cada interacção, através de uma comparação feita pelo agente entre a sua experiência no negócio e a informação providenciada pelas testemunhas, possibilitando assim o cálculo da probabilidade das recomendações recebidas reflectirem o comportamento real do agente avaliado, sendo depois essa probabilidade usada como peso nas recomendações futuras dessa testemunha.

2.6.10 FIRE

Este modelo agrega confiança vinda quatro fontes diferentes [HJS06], o que se apresenta como grande vantagem, já que outros modelos que dependem exclusivamente de uma fonte de informação, como recomendações de testemunhas ou interacção directa, podem não se revelar tão eficazes se a fonte de informação da qual depende não se encontrar disponível.

As quatro fontes principais de informação para construção de confiança são:

- **Experiência directa** - informação proveniente de experiências passadas com o agente em avaliação;
- **Recomendação de testemunhas** - informação angariada de forma semelhante à usada no Regret ou no modelo de Yu e Singh, assumindo que os agentes estão dispostos a partilhar as suas experiências das interacções com o agente em questão;

- **Regras orientadas ao papel do agente** - Estas regras são usadas para deduzir o grau de confiança a depositar num agente tendo por base a sua posição no sistema. Por exemplo, dois agentes devem confiar um no outro se pertencem à mesma organização.

- **Referências** - Neste caso é o agente alvo que procura dar garantias da sua confiança, que podem ser referências dadas por outros agentes que ficaram satisfeitos com o comportamento do agente alvo.

O grau de confiança será então calculado usando uma média ponderada de todos os *ratings* vindos das quatro fontes, isto porque alguns valores podem estar mais desactualizados, a respectiva fonte pode não ter tanta credibilidade ou até não fazer sentido para o problema em questão. Assim, será o somatório de todos os *ratings* multiplicados pelo peso dessa fonte de informação, a dividir pelos somatórios dos pesos (normalizando assim os resultados no intervalo entre -1 e 1).

Como já foi referido para modelos anteriores, o FIRE possui um método para o cálculo da credibilidade do grau de confiança obtido, assim como um outro para o cálculo do desvio entre *ratings* atribuídos.

2.6.11 Sumário

Nesta secção será apresentado um resumo de todos os modelos analisados até aqui, usando um esquema de abreviaturas representado na tabela que se segue.

Tabela 2.1: Tabela de abreviaturas usadas no sumário dos modelos de agregação de confiança

Fontes de Informação	D	Experiências Directas
	T	Testemunhas
	S	Informação Social
	P	Preconceito
	Rg	Regras orientadas ao papel da entidade
	Rf	Referências
Tipo de Distribuição	Des	Descentralizado
	Cen	Centralizado
Tipo de Modelo	Conf	Confiança
	Rep	Reputação

Tabela 2.2: Tabela de sumário das características principais dos modelos analisados

	Fontes de informação	Tipo distribuição	Métrica de credibilidade	Tipo de modelo
ATRM	D, T	Des	x	Conf, Rep
IHRTM	D	Des	x	Conf
ATCM	D	Des	x	Conf
ERM	T	Cen	x	Rep
SPORAS	T	Cen	v	Rep
Jurca Faultings	T	Des	x	Rep
Regret	D, T, S, P	Des	v	Conf, Rep
Refferal System	D, T	Des	x	Conf, Rep
TRAVOS	D, T	Des	v	Conf, Rep
FIRE	D, T, Rg, Rf	Des	v	Conf, Rep

2.7 Repast

O Repast é uma plataforma para o desenvolvimento, na linguagem Java, de simulações baseadas em agentes, providenciando uma biblioteca de objectos para criar, correr, mostrar e recolher dados resultantes dessas simulações [RLJ06]. Na prática, esta plataforma emula um calendário de eventos, cuja execução está dividida em unidades designadas tick, sendo que cada evento que pretendamos que aconteça terá que ser associado primeiro a um desses ticks, para que depois à medida que o tempo vá passando os eventos se vão sucedendo.

Numa simulação com agentes, são os seus comportamentos que são executados em cada tick. O Repast permite dividir esse comportamento em três fases: uma fase preparatória, a fase de execução, e por último uma fase de conclusão. Quanto ao calendário da simulação, para além de fazer corresponder os comportamentos a um determinado tick, também controla as acções dentro do próprio modelo, como actualizações na visualização de dados ou o seu registo.

Para além de ser a plataforma de simulação Java mais completa, o Repast destaca-se pela qualidade da interface gráfica da qual se pode interagir com as simulações, pela capacidade em gerar gráficos da simulação em tempo real, assim como vídeos da própria execução. Existem ainda outras duas vantagens que vale a pena referir: primeiro, a possibilidade de fazer restart aos modelos a partir da interface, e segundo, a possibilidade de correr várias simulações de uma só vez. Em termos de desempenho, os seus tempos de execução revelam-se bons quando comparados com outras plataformas [RLJ06].

No desenvolvimento do Sistema de Medida de Confiança, demonstrado nesta dissertação, foi desenvolvida uma aplicação usando o Repast para testar e afinar o modelo, usando dois tipos de agentes: um agente comprador e um agente vendedor. Estes agentes interagem

com uma entidade central, que ao mesmo tempo é responsável por gerir toda a simulação, lançando os agentes e gerindo as comunicações entre eles.

Esta aplicação será alvo de estudo mais detalhado no capítulo quatro desta dissertação. Como alternativa ao Repast, foi considerada uma ferramenta de modelação de ambientes multi-agente designada NetLogo [RLJ06].

Esta ferramenta tem como objectivo principal a facilidade de uso e a redução do esforço de programação, e aplica um paradigma de grelha, onde os agentes se deslocam e interagem pontualmente durante curtos períodos de tempo. Da mesma forma, o Netlogo apresenta grandes vantagens, como a existência de vasta documentação, assim como a facilidade e rapidez com que se pode prototipar modelos e tomar logo aí decisões quanto a desenvolvimentos futuros. No entanto, apresenta também várias desvantagens, a começar pela linguagem considerada simplista, assim como à restrição de ter todo o código num só ficheiro, que não se adequava ao modelo a testar e à simulação pretendida.

2.8 Conclusões

Como foi mostrado, existem várias formas de abordar a modelação de confiança, existindo modelos que se baseiam num histórico de experiências directas entre as entidades do sistema, enquanto outros se baseiam na transmissão de imagem entre entidades e na construção de reputação. No entanto, há também modelos como o FIRE ou Regret, que conjugam as duas formas de agregar confiança, na tentativa de fazer uma modelação mais "informada".

No caso dos modelos que se baseiam num histórico de experiências directas entre as agentes do sistema, o objectivo principal é que estes, de uma forma abstracta, "aprendam" com os resultados das interacções com outras entidades. Se um agente conseguir obter maiores lucros através da violação de certas cláusulas de contratos, da entrega de produtos de menor qualidade ou do não cumprimento das datas de entrega, os seus parceiros irão ser prejudicados; por outro lado, se um agente surpreender pela positiva, entregando tudo o que estava acordado, com produtos de muito boa qualidade e ainda com um desconto extra, os seus parceiros sairão extremamente satisfeitos. É a "medição" deste grau de satisfação depois de cada negócio, que possibilita a estes modelos inferir sobre o comportamento a esperar de cada agente em negócios futuros.

Nos modelos baseados na construção de reputação, a informação não é experienciada mas sim relatada; o grau de confiança num agente é dado pelas opiniões enviadas por outros agentes a seu respeito. Uma grande vantagem deste tipo de modelos está na replicação de um comportamento de um agente, ou seja, se um agente "sabe" que se violar de alguma maneira o acordo estabelecido, isso irá diminuir as suas chances de voltar a ser contratado, não só pelo agente prejudicado, mas, potencialmente, por todos os agentes do sistema, esse comportamento será evitado ao máximo. Convém notar que este tipo de

abordagem trás no entanto algumas desvantagens: primeiro, a complexidade na definição de uma rede de testemunhas, para que seja mais fácil a cada entidade encontrar o melhor "informador" sobre uma outra entidade; e segundo, a possibilidade de existirem agentes que, mal intencionados lancem rumores infundados sobre outros agentes, aceitem uma imagem de outro agente sem verificar a sua credibilidade, ou até pratiquem outras formas de fraude.

Se olharmos de uma forma mais global para as várias formas de modelar a confiança, descobrirmos que a inclusão de uma componente contextual à decisão pode aumentar de forma significativa a eficiência e credibilidade no sistema, principalmente se, para além de agregar os resultados do comportamento dos agentes dentro do sistema, seja por interacção directa, por referências de testemunhas ou até por observação, se possa também incluir os resultados do comportamento dos agentes com entidades "extra-sistema".

Sendo os agentes representações de entidades do mundo real, talvez os resultados financeiros dos últimos 5 anos de uma empresa dêem importantes pistas sobre o seu nível de confiança, assim como o seu volume de negócios, o tipo de deadlines a que responde com melhores resultados, ou se os seus fornecedores são eles próprios de confiança, que são certamente dados mais difíceis de modelar, pela sua subjectividade, mas que muito provavelmente permitem realizar um diagnóstico muito mais aprofundado na escolha de um potencial parceiro.

Capítulo 3

Sistema de Medida de Confiança para Selecção de Empresas em Sistemas B2B

3.1 Introdução

Na construção de um modelo de agregação de confiança, a principal dificuldade passa por transformar os resultados de uma interacção entre duas entidades em algo que possa reflectir, com algum grau de certeza, como essas duas entidades se vão comportar em interacções futuras.

De uma interacção entre dois agentes, que neste problema foi encarada sob a forma de uma transacção comercial, resultam, para serem processadas pelo modelo, dois tipos de informação: primeiro, um contrato, com o tipo de produto e a quantidade a ser fornecida, e segundo, o resultado desse contrato, que pode ser um cumprimento ou uma violação.

Seguindo este ponto, torna-se necessário introduzir o conceito de comprador e fornecedor, que serão as posturas a assumir pelas empresas a serem seleccionadas no sistema B2B. Um comprador será um agente que tem uma necessidade de um produto específico numa quantidade específica e cujo comportamento principal é pedir propostas aos agentes fornecedor, analisá-las e escolher aquela(s) que mais contribuem para os seus objectivos e que representam uma maior utilidade; um agente fornecedor representa uma empresa que fornece um grupo de produtos e cujo comportamento mais relevante para o caso em estudo é oferecer uma proposta de venda de acordo com o especificado pelo comprador.

O modelo actual do CTR do LIACC utiliza os resultados dos contratos entre agentes como única fonte de informação, estando prevista a utilização de outras fontes de informação em versões futuras do sistema, que assim, serão agregadas num valor de confiança. É na forma em como a agregação se processa que está uma das principais diferenças deste modelo, porque este considera a assimetria no processo de formação de confiança, já que se pretende que, tal como na realidade, seja difícil ganhar confiança e muito fácil perdê-la.

Dependendo do tamanho da população usada, poderão existir entidades com graus de confiança muito parecidos, por isso, será usado o histórico dos contratos executados de cada fornecedor, para a partir dai formar uma recomendação orientada ao tipo de contrato. Este tipo de abordagem será também útil para contrariar um grau de confiança alto mas que esteja associado a uma entidade que não se adequa ao tipo de contrato.

Estas recomendações só podem ser feitas recorrendo a informação contextual sobre as empresas, que permitam fazer certos tipos de inferência, por exemplo: a empresa A é especialista a fornecer quantidades pequenas muito rápido, ou a empresa B só se destaca a fornecer quantidades industriais, sendo possível obter a partir daqui um grau de recomendação, modelando quer o número de contratos bem sucedidos, quer o número de contratos violados de um subconjunto de negócios escolhidos pela sua relevância. Este tipo de informação, para além de desambiguar a decisão entre dois fornecedores com um grau de confiança semelhante, actua como recomendação de um parceiro com a estratégia de negócio mais adequada ao pretendido, sendo também um dos aspectos mais inovadores do Sistema de Medida de Confiança.

3.2 Proposta de Solução

Na construção deste modelo foram estudados dois tipos de curva [URO09b, URO09a], cada uma com as suas particularidades, mas todas com a mesma abordagem para a modelação da confiança. O princípio é simples: resultados de contratos positivos, fazem o valor dado pela fórmula da curva subir, subindo também o grau de confiança da entidade respectiva; resultados negativos, fazem esse valor descer de forma mais acentuada.

Os resultados dos contratos, que são usados como dados de entrada no modelo, são computados de forma binária: 1 para contratos bem sucedidos e 0 para contratos violados. Esta abordagem tem a desvantagem de ser uma representação limitada de um resultado que pode conter muitas variáveis, mas que permite estudar e testar um modelo na sua fase de desenvolvimento inicial, estando por isso previsto a inclusão, numa versão futura do modelo, uma representação mais rica.

3.2.1 O modelo HYSTPLUS

Este primeiro modelo é baseado numa curva de histerese [URO09b], herdando por isso algumas propriedades importantes dos sistemas de histerese. Um sistema de histerese não tem memória, o que quer dizer fundamentalmente duas coisas: primeiro, a possibilidade de estar em dois ou mais estados ao mesmo tempo, e segundo, esse estado é independente do *input* recebido no momento [MR03], o que faz com que para se conhecer o estado seguinte do sistema se tenha de conhecer o estado actual, e para se conhecer o estado actual tem que se conhecer toda a sequência de *inputs* que lhe deram origem.

Este comportamento é chamado de *hysteresis loop*, e Rotislav Lapshin [Lap95] apresenta uma equação para o representar, como se pode ver na figura 3.1.

$$x(\alpha) = \pm a \cos^m \alpha \pm b_x \sin^n \alpha,$$
$$y(\alpha) = b_y \sin \alpha,$$

Figura 3.1: Equação que define o *hysteresis loop*.

em que *a* é o valor de x quando a curva intersecta o eixo OX, *bx* e *by* dão as coordenadas do ponto de saturação, ou neste caso, o grau de confiança máximo, *m=3* e *n=1* são constantes para definirem o tipo de curva, sendo α o valor que reflecte o estado actual do sistema e que será usado para calcular o actual grau de confiança dado por x(α).

Para que o grau de confiança se situe entre 0 e 1, e dado que a curva se centra no eixo OY, *bx* e *by* terão de ser 0.5, sendo depois o resultado final ajustado (somando 0.5). O valor de a será 0.1, por não tornar a angariação de confiança demasiado fácil quando a entidade se está a iniciar no sistema. Como podemos ver no gráfico da figura 3.2, a curva tem a forma do contorno de uma folha, sendo o contorno inferior (azul mais escuro na imagem) usado para agregar resultados de contrato bem sucedidos, e o contorno do lado superior (azul mais claro na imagem) usado para agregar resultados de contratos violados.

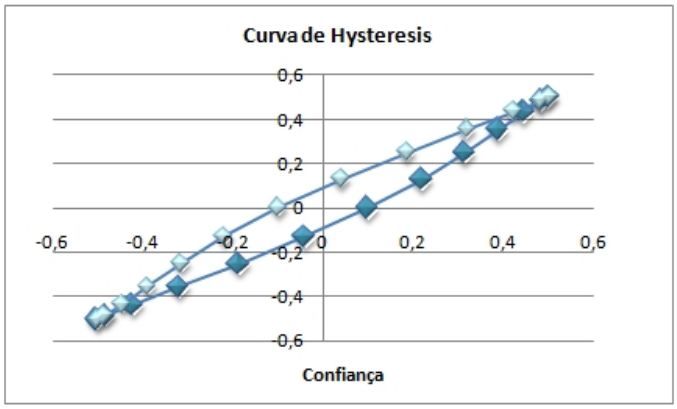

Figura 3.2: Gráfico da curva de histerese

Depois de obtido o grau de confiança, cujo processo é descrito em mais detalhe em [URO09], são ainda analisados os resultados dos últimos 10 contratos, de forma a obter um valor que reflicta a qualidade dos comportamentos mais recentes. É através de uma média pesada, em que se multiplica o peso da "novidade" do resultado pelo seu valor (1 ou 0), dividindo depois pelo total de pesos. Assim, multiplicando-se o valor obtido pelo grau de confiança, confere-se um cariz mais realista à sua agregação.

3.2.2 O modelo SINALPHA

Com o intuito de simplificar o modelo HYSTPLUS, mantendo as mesmas vantagens de assimetria no processo de construção de confiança, procuramos agregar os resultados dos contratos numa só curva em forma de S [URO09a].

Este tipo de curvas designa-se curva de aprendizagem, porque modela razoavelmente bem a dificuldade inicial de aprendizagem, onde a curva tem pouco declive, e ao mesmo tempo oferece uma perspectiva do que ainda falta para aprender. Assim sendo, apresentamos a segunda curva em análise, que se trata de uma curva em forma de sigmóide, baseada numa função seno. Na figura 3.3 está representada em gráfico a função da curva usada. Neste caso, e ao contrário do HYSTPLUS, o valor de confiança de determinado

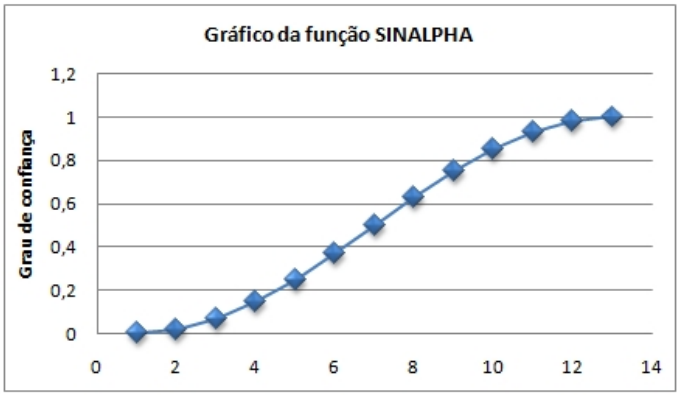

Figura 3.3: Gráfico da função SINALPHA.

agente obtém-se, mais concretamente, a partir do eixo OY, e sendo dado pela fórmula da figura 3.4. Nesta fórmula, δ é um parâmetro de enquadramento da curva e será igual a

$$y(\alpha) = \delta.\sin\alpha + \delta,$$
$$\alpha_0 = 3\pi/2,$$
$$\alpha = \alpha + \lambda.\omega$$

Figura 3.4: Função seno que define a curva SINALPHA.

0.5, fazendo assim com que o grau de confiança varie entre 0 e 1; α varia entre 3Π/2 e 5Π/2, conforme o valor da confiança agregado até ai, já que será um valor actualizado após cada contrato ser terminado, fruto do valor tomado por $\lambda * \omega$, que pode ser de 1Π/12, se o contrato for bem sucedidos ou -1.5Π/12 se for um contrato violado. Esta diferença nos valores tomados por λ fará com que o grau de confiança de um fornecedor desça muito mais depressa com um mau resultado do que o que sobe com um bom resultado.

É depois incluído no grau de confiança obtido, o mesmo modificador relativo à "recência" dos resultados já descrito para o modelo HYSTPLUS.

3.3 Comparação entre SINALPHA e HYSTPLUS

Para melhor analisar os diferentes comportamentos destes dois modelos, irão ser submetidos aos mesmos resultados de um fornecedor, comparando a evolução do grau de confiança para cada um. Como cada um dos modelos precisa de, no mínimo, 12 resultados para chegar ao grau de confiança máximo, será esse o tamanho da amostra utilizado.

Os resultados não incluem a componente de "novidade", visto esta ser igual para os dois modelos.

3.3.1 Fornecedor honesto

Este fornecedor cumpriu todos os contratos analisados, tendo por isso uma sequência de entrada [1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1], que por sua vez dá origem ao gráfico da figura 3.5 .

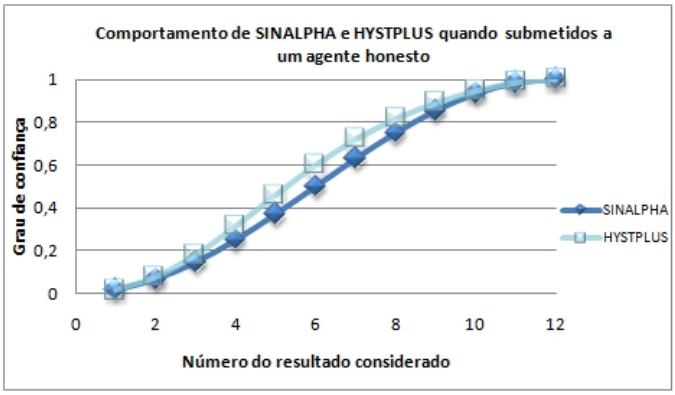

Figura 3.5: Gráfico comparativo do comportamento das curvas SINALPHA e HYSTPLUS submetidas a um agente honesto.

Como podemos ver pelo gráfico, apesar de ambas as curvas começarem e acabarem com o mesmo grau de confiança, o modelo SINALPHA é mais cauteloso com os primeiros resultados, não subindo tanto como o HYSTPLUS, chegando mesmo ao ponto de existir uma diferença de 0.1 entre as duas curvas após o sexto resultado. A partir daí, o modelo SINALPHA beneficia a boa série de resultados com incrementos superiores aos do HYSTPLUS.

3.3.2 Fornecedor desonesto

Este fornecedor cumpre poucos contratos, tornando impossível de prever quando o irá fazer, sendo uma possível sequência de entrada igual a [0,0,1,0,0,1,1,0,1,0,0,1], que por sua vez dá origem ao gráfico da figura 3.6.

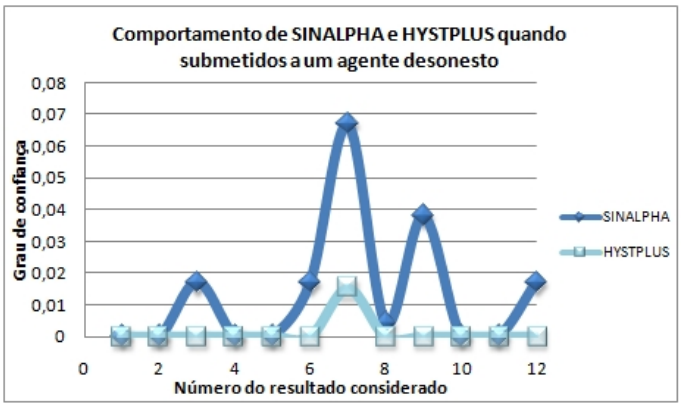

Figura 3.6: Gráfico comparativo do comportamento das curvas SINALPHA e HYSTPLUS submetidas a um agente desonesto.

Nesta situação, ambos os modelos penalizam fortemente o fornecedor, sendo o grau de confiança mais alto atingido de 0.019 para o HYSTPLUS e de 0.067 para o SINALPHA. A principal diferença está num comportamento específico do HYSTPLUS, que devido à troca entre "contornos" da curva cada vez que há uma mudança de tipo de resultado, faz com que sejam precisos dois contratos bem sucedidos seguidos para que o grau de confiança saia do 0. Já o SINALPHA é mais reactivo, porque reflecte imediatamente qualquer resultado positivo.

3.3.3 Fornecedor "oportunista"

Este fornecedor irá tentar aproveitar o facto de já ter construído um bom grau de confiança para começar a "enganar" os seus clientes, sendo neste caso importante saber qual dos modelos melhor detecta esta variação de comportamento. A sequência de entrada utilizada foi [1,1,1,1,1,1,1,0,0,0,0,0], que por sua vez dá origem ao gráfico da figura 3.7.

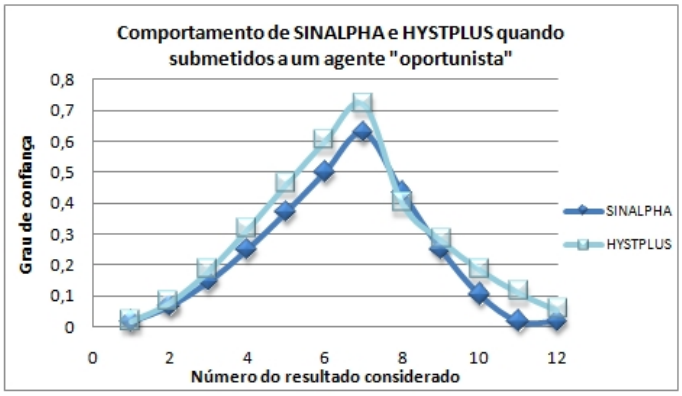

Figura 3.7: Gráfico comparativo do comportamento das curvas SINALPHA e HYSTPLUS submetidas a um agente ”oportunista”.

Como podemos observar no gráfico, o modelo HYSTPLUS é mais agressivo a penalizar quando existe a primeira violação de contrato, fruto da mudança de “contorno” para o do lado esquerdo, para além do decremento do grau de confiança. No entanto, o modelo SINALPHA é mais efectivo a punir as falhas sucessivas. Também podemos concluir que o modelo SINALPHA é mais permissivo a tratar de maus resultados se estes forem casos excepcionais.

3.4 Modelo de obtenção de informação contextual

Como já foi referido anteriormente, o modelo CTR do LIACC prevê, para além de uma componente de agregação de confiança, a construção de um modelo de inferência contextual, que permite o enriquecimento da tomada de decisão, assim como, na eventualidade de surgirem valores de confiança que sozinhos dificultem a selecção de parceiros, servir de agente desambiguador. Posto isto, foi pensado um modelo com as seguintes preocupações:

- Definir o tipo de dados que caracterizariam os contratos;
- Guardar essa informação de forma organizada e adequada ao problema;
- Escolher os dados relevantes para cada tipo de recomendação;
- Agregar os dados de forma a obter um valor de recomendação;
- Atribuir um peso ao valor de recomendação;

Consideramos dois tipos de dados relevantes para definir um tipo de contrato: a quantidade a ser fornecida, e o número de dias até à data de entrega. Outros poderiam ser considerados, mas para bem da simplicidade do modelo, foram escolhidos apenas estes.

Cada um destes tipos de dados estará dividido em três intervalos, que serão ajustados conforme o sistema assim o exija, e nos quais serão depois contados os contratos estabelecidos. Por exemplo, para a quantidade podemos ter os seguintes intervalos: menor ou igual a 50.000 unidades; entre 50.000 unidades e 500.000 unidades; entre 500.000 unidades e 1.000.000 unidades.

Tendo então duas dimensões para tratar, cada uma com três intervalos possíveis, optámos por associar a cada fornecedor uma matriz 3x3, em que em cada célula estará a informação de como esse fornecedor se portou para contratos com a quantidade e tempo de entrega a ele relativos. A informação a guardar para cada célula será o número de contratos bem sucedidos e o número de contratos violados por esse fornecedor nesse tipo de contrato. Como exemplo temos a matriz da tabela 3.1.

Tabela 3.1: Exemplo de uma matriz de resultados de um agente.

		Dias até à data de entrega		
		1 a 2	3 a 5	6 ou mais
Quantidade a fornecer	<=50.000	+1 -0	+6 -2	+8 -1
	<=500,000	+2 -1	+5 -2	+1 -0
	<=1.000.000	+3 -2	+2 -2	+1 -0

Esta será sempre actualizada quando ao fornecedor respectivo for atribuído um contrato.

Tendo estes dados armazenados, é importante escolher quais e como os usar. Usar os dados da célula relativa ao contrato sobre o qual pretendemos obter recomendações é o mais óobvio e aos quais se deve dar mais peso. No entanto, não deve ser descurada a informação de como o fornecedor se porta para contratos com a mesma quantidade e para contratos com a mesma data de entrega. Outro factor a ter em conta, são os contratos que em teoria são mais difíceis de cumprir do que o pretendido, com maior quantidade e menor prazo de entrega, sendo que se um fornecedor tem um resultado global positivo vindos de contratos mais "difíceis", então esses também devem ser valorizados.

Assim sendo, serão distribuídos pesos pelas células relevantes para cada tipo de contrato, tendo em conta a proximidade do contrato que representam com o que pretendemos analisar. Uma dessas distribuições apresenta-se na tabela 3.2, ficando as restantes distruiçoes em tabelas em anexo. Assim, e seguindo o exemplo, se pretendermos verificar a adequabilidade do fornecedor ao contrato em avaliação (por exemplo: entrega de 400.000 unidades num prazo de 4 dias), seria da célula número 5, na figura a laranja, que iríamos extrair mais informação mais relevante.

Tabela 3.2: Exemplo do esquema de cores aplicado a uma matriz de resultados para ilustrar os diferentes pesos associados a cada célula.

		Dias até à data de entrega		
		1 a 2	3 a 5	6 ou mais
Quantidade a fornecer	<=50.000	+1 -0	+6 -2	+8 -1
	<=500,000	+2 -1	+5 -2	+1 -0
	<=1.000.000	+3 -2	+2 -2	+1 -0

A cada cor corresponde um peso:

- Cor-de-laranja - célula que corresponde ao tipo de contrato que estamos a analisar, e que para esta distribuição tem um peso de 55%
- Azul-claro - células que correspondem a contratos da mesma quantidade ou com a mesma data de entrega, valendo 10% do peso total;
- Azul-escuro - célula corresponde a um tipo de contrato teoricamente mais difícil de cumprir; neste caso, como o resultado é positivo (mais contratos bem sucedidos do que contratos violados), é valorizada com 5% do peso total.

Na matriz acima, a cada cor corresponde um peso, assim, a laranja temos a célula que corresponde ao tipo de contrato que estamos a analisar, e por isso vale 55%, a azul claro temos as células que correspondem a contratos da mesma quantidade ou com a mesma data de entrega e valem 10% do peso total, por último, a azul-escuro, temos uma célula corresponde a um tipo de contrato mais ”difícil”de realizar, e como o resultado é positivo (mais contratos bem sucedidos do que contratos violados), é valorizada com 5% do peso total. A célula número 3, embora tenha mais informação, um total de 9 contratos, não tem muita importância para a obtenção de um valor contextual porque não partilha com o contrato especificado a quantidade pedida, nem a data de entrega exigida.

Para agregar um grau de recomendação, existem vários dados que se podem analisar e sob várias perspectivas, como por exemplo: o número de contratos em cada célula (ajuda a definir a credibilidade da informação), a diferença e a razão entre contratos bem sucedidos e contratos violados, a percentagem do total/diferença/razão de contratos em cada célula em relação ao total de células tidas em conta, o peso da célula, a percentagem de contratos bem sucedidos em cada célula, e por último, regras para penalização de contratos violados em cada célula.

Foram pensados quatro modelos alternativos para a agregação de um grau de recomendação, sendo de seguida aqui apresentados. Para efeitos de referência foram dadas letras do alfabeto para identificar os vários modelos, começando pela letra A.

O modelo A, aqui descrito em maior detalhe por ter tido os melhores resultados nas experiências relatadas no capítulo 5, tem duas componentes principais, uma baseada na

diferença entre contratos bem sucedidos e contratos violados em cada célula, e outra na percentagem de contratos violados na célula correspondente ao tipo de contrato pretendido e consequente penalização. Esta decisão justifica-se porque existem vários casos de células com diferenças entre resultados positivos e resultados negativos diferentes, mas com a mesma razão, por exemplo: numa célula temos 4 resultados positivos e 2 negativos, o que dá uma razão de 2; numa outra célula temos 16 resultados positivos e 8 negativos, o que também perfaz uma razão de 2, no entanto, numa temos uma diferença de 2 e noutra de 8, o que não deve deixar de ser considerado. O oposto também pode acontecer, duas células com a mesma diferença entre o número de contratos bem sucedidos e contratos violados, mas com diferentes razões entre estes. No entanto, para este caso, serão aplicadas penalizações diferentes para cada uma das células, consoante a importância desta e o número de contratos violados.

A componente da diferença é calculada para cada célula relevante, sendo depois multiplicada pelo peso da própria célula e pelo factor de penalização de contratos violados. Este factor de penalização é dado pela figura 3.8.

$$\frac{100 - (\textit{número de contratos violados})^2}{100}$$

Figura 3.8: Factor de penalização aplicado aos fornecedores em função dos contratos violados

logo, quantos mais contratos violados maior será a penalização aplicada à componente da diferença e também ao grau de recomendação.

A componente de penalização é calculada unicamente na célula relativa ao tipo de contrato pretendido, multiplicando o quadrado do número de contratos violados pela percentagem destes nessa célula. Por fim subtrai-se à componente da diferença a componente de penalização, sendo esse o grau de recomendação, no entanto, só pode ser conjugado com o grau de confiança depois de ser normalizado, ou seja, estar compreendido entre 0 e 1. Estes cálculos encontram-se exemplificados na figura 3.11. Depois de ter o resultado normalizado, é necessário atribuir um peso à componente de confiança e outro à componente de recomendação. Como medida de consistência, será valorizada a quantidade de informação disponível, por isso, o peso dado à componente de recomendação será dado pela expressão da figura 3.10.

Sendo o peso dado à componente de confiança:

Peso confiança = 1-peso recomendação

Os restantes três modelos implementados podem ser descritos da seguinte forma:

- **Modelo B** - usa a componente da diferença, como no método A, e uma componente de razão de contratos bem sucedidos/contratos violados

Matriz de resultados de um fornecedor

			14	1		
	26	2	13	1	17	1
	4	0	8	1		

Diferença Contratos	12,00	13,00	16,00	7,00	24,00	4,00
Peso	0,55	0,10	0,10	0,10	0,10	0,05
Componente da diferença	6,53	1,29	1,58	0,69	2,30	0,20
Soma Componente da diferença	12,60					
Componente da penalização	0,07					
Grau de recomendação sem normalizar	12,53					

Figura 3.9: Exemplo do cálculo do grau de recomendação para um fornecedor.

$$\frac{\textit{número de contratos realizados do tipo do contrato em questão}}{\textit{número total nas células analisadas}} \times 100$$

Figura 3.10: Regra para o cálculo do peso a atribuir à componente de inferência contextual.

- **Modelo C** - usa a componente da diferença, como no método A e uma componente de razão de contratos bem sucedidos/contratos violados com menor peso quanto maior o número de contratos violados na célula
- **Modelo D** - calcula a percentagem de contratos bem sucedidos em cada célula, multiplicando depois esse valor pelo peso da célula, sendo esse o grau de recomendação atribuido ao fornecedor em causa

Capítulo 4

O Ambiente de Simulação

Neste capítulo será apresentada a aplicação desenvolvida para testar os modelos descritos anteriormente, assim como as experiências mais relevantes feitas para comparar a sua utilidade com a componente de agregação de confiança, por interacção directa, do modelo FIRE [HJS06].

4.1 Descrição da Aplicação

Para suportar o desenho dos modelos de agregação de confiança é necessário testar o seu comportamento e a sua utilidade, comparando-os com evoluções anteriores do mesmo modelo ou com outros modelos já publicados.

Tornou-se assim necessário desenvolver uma aplicação que conseguisse, de uma forma rápida, simular uma grande quantidade de processos de selecção, apresentando no final um conjunto de resultados que ajudassem na análise do comportamento dos modelos de agregação de confiança.

Usando a Framework Repast, cada simulação é processada em rondas, sendo que em cada ronda existe uma selecção de fornecedor por cada comprador no sistema, ou seja, se realizarmos uma simulação com 100 rondas e 10 compradores, existirão 1000 processos de selecção.

4.1.1 Especificação de Requisitos Genéricos da Aplicação

Para o desenvolvimento da aplicação de simulação foram indicados os seguintes requisitos genéricos:

- Cada comprador deve ser inicializado com um produto para compra e com uma quantidade associada. Em cada ronda da simulação, o comprador tem como objectivo adquirir toda a quantidade desse material;

- Cada fornecedor deve ser inicializado com dois produtos para venda, cada qual com uma quantidade associada. Este agente não implementa qualquer tipo de racionalidade na venda do seu produto, apenas se limita a responder aos *call-for-proposal* (CFP) se for capaz;
- Em cada ronda, cada comprador deve enviar um CFP a todos os potenciais fornecedores, ou seja, aqueles que vendem o material especificado na proposta;
- No fim de cada selecção de fornecedor, o comprador deve calcular a utilidade associada a essa ronda, que é igual à quantidade que foi efectivamente fornecida pelos fornecedores sobre a quantidade especificado no CFP lançado;
- Cada fornecedor tem um tipo de comportamento, que define a frequência com que viola os contratos que estabelece;
- Os comportamentos podem ser "good", "fair" e "bad" (ver secção 4.1.2);
- Todas as configurações da simulação devem ser especificadas num XML;

4.1.1.1 Selecção de Fornecedores

No processo de selecção de fornecedores devem ser considerados os seguintes requisitos:

- Após o lançamento de um CFP, cada comprador deve seleccionar um ou mais parceiros com os quais vai transaccionar, de entre aqueles que responderam;
- Deve ser possível seleccionar uma de três estratégias para a selecção de parceiros:
  - Selecção aleatória;
  - Selecção baseada na quantidade oferecida;
  - Selecção baseada no grau de confiança dos fornecedores;
- Na selecção aleatória, como o próprio nome indica, são escolhidos à sorte um ou mais fornecedores, tentando perfazer a quantidade pedida, não a excedendo;
- Na selecção baseada na quantidade, são escolhidos um ou mais fornecedores, de forma a maximizar a quantidade oferecida, não a excedendo, minimizando o número de fornecedores seleccionados;
- Na selecção baseada na confiança, são escolhidos um ou mais fornecedores, tentando perfazer a quantidade descrita no CFP, não a excedendo, e tendo em conta a utilidade esperada, de acordo com a fórmula da figura 4.1, em que j representa os fornecedores que responderam ao CFP propondo uma determinada quantidade, i

$$E(u) = \arg\max_i \; for\ each\ i\ \Sigma_j\ quant_j * trust_j$$

Figura 4.1: Expressão para o cálculo da utilidade de uma proposta.

representa os possíveis conjuntos de fornecedores cuja quantidade total agregada é igual ou inferior à quantidade pretendida, $quant_j$ representa a quantidade proposta pelo vendedor j, e $trust_j$ indica o nível de confiança actual do fornecedor j;

- Na selecção baseada em confiança deve ser implementado um algoritmo do tipo knapsack, pois pretendemos maximizar a utilidade (quantidade * confiança) e não ultrapassar a quantidade especificada no CFP.
- Depois de ser seleccionado um parceiro, deve ser registada toda a informação relativa a essa transição, para servir o histórico necessário ao cálculo do grau de confiança. A informação a guardar será:
  - Identificação do comprador;
  - Identificação do fornecedor;
  - O produto transaccionado;
  - A quantidade transaccionada;
  - O número de dias até à data de entrega;
  - O resultado da transacção (cumpriu/não cumpriu);
  - A data da transacção (para efeitos de "novidade" dos resultados no modelo FIRE);

4.1.1.2 Agregação do Grau de Confiança e de Informação Contextual

No processo de agregação do grau de confiança e de informação contextual devem ser considerados os seguintes requisitos:

- Devem ser implementos três modelos de agregação de confiança:
  - HYSTPLUS;
  - SINALPHA;
  - FIRE;
- Para efeitos de cálculo do peso da "novidade" dos resultados devem ser usados os dados dos últimos 10 contratos;
- Cada fornecedor terá uma matriz com os resultados positivos e negativos dos contratos em que participe;

- Devem ser definidos os pesos relevantes na matriz para cada tipo de contrato;
- Depois de calculado o grau de recomendação de todos os fornecedores que responderam ao CFP, deve-se proceder à sua normalização usando a fórmula da figura 4.2, em que o grau de recomendação mais alto será convertido para 1, e o grau de

$$x_{ji} = [\ x_{ji} - \min_i \{x_{ji}\}\ ] / [\ \max_i \{x_{ji}\} - \min_i \{x_{ji}\}\ ]$$

Figura 4.2: Expressão para a normalização do grau de recomendação de cada fornecedor.

recomendação mais baixo para 0;

4.1.1.3 Produção de *Logfiles*

Apresenta-se agora uma descrição dos *logfiles* a serem construidos em cada simulação:

- Deve ser produzido um *logfile* com as médias das utilidades obtidas nos negócios para cada comprador;
- Deve ser produzido um *logfile* para cada comprador com a utilidade de cada transacção;
- Deve ser produzido um *logfile* para cada fornecedor com o registo de todas as transacções em que esteve envolvido com os seguintes dados:
  - Ronda em que ocorreu a transacção;
  - Comprador com quem foi feita a transacção;
  - Grau de confiança (+Grau de recomendação) apresentado na altura da transacção;
  - Resultado dessa transacção.
- Deve ser produzido um *logfile* relativo ao comportamento geral dos fornecedores com os seguintes dados relativos a cada um:
  - Composição da matriz de recomendação;
  - Número de transacções em que participou;
  - Grau de confiança no final da simulação;
  - O tipo de comportamento.
- Deve ser produzido um *logfile* com toda o histórico da simulação, com os seguintes dados relativos a cada transacção:
  - Identificação do Comprador;
  - Identificação do Fornecedor;
  - Tipo de material;

  - Quantidade transaccionada;
  - Resultado da transacção;
  - Data da transacção.

- Deve ser produzido um *logfile* com os resultados dos contratos nas últimas X rondas de cada simulação, mais precisamente, o número de contratos violados nas últimas X transacções e o número de contratos violados por comprador nas últimas Y rondas (X e Y definidos para cada simulação);

4.1.2 Definição dos Tipos de Comportamento e Geração de Resultados

Partindo do princípio que os resultados dos contratos iriam ser um de dois valores, 1 ou 0 - correspondente a contrato cumprido/não cumprido - foi necessário adaptar um mecanismo que conseguisse gerar um número elevado de resultados de contrato, mas que o fizesse de uma forma de acordo com o comportamento pré-definido de cada fornecedor.

Para lidar com esta propriedade do modelo , foi gerado para cada fornecedor, no momento da sua criação, uma sequência de resultados de contrato, a serem aplicados nas suas futuras transacções, baseado num processo Markoviano [URO09b]. Este tipo de processo é indicado para evoluções aleatórias, em que o estado futuro só depende do estado actual, o que na prática significa, que a probabilidade de um fornecedor falhar ou cumprir o próximo contrato depende do resultado do último contrato.

Desta forma, podemos modelar os vários tipos de comportamento de fornecedor usando apenas duas probabilidades: P11 - probabilidade de obter um sucesso (1) sendo o resultado anterior um sucesso (1); P01 - probabilidade de obter um sucesso (1) sendo o resultado anterior um insucesso (0); Definimos, como podemos ver na tabela 4.1, os três tipos de comportamento. Analisando a tabela, verificamos que os fornecedores do tipo

Tabela 4.1: Tabela de especificação dos comportamentos possiveis dos fornecedores

	11	01
Tipo "Good"	0.90	1.00
Tipo "Fair"	0.80	0.75
Tipo "Bad"	0.50	0.50

"Good"têm alta probabilidade de sucesso, nunca falhando dois contratos seguidos, já que P00 = 1 - P11 = 0.0. O fornecedor do tipo "Fair"apresenta um comportamento pior, mas ainda assim as suas probabilidades de sucesso são elevadas, o mesmo já não acontecendo com o fornecedor do tipo "Bad", que apresenta uma marca clara de pouca confiança, que é o potencial para ser muito imprevisível, tendo probabilidades iguais para falhar e para ter sucesso.

4.2 Arquitectura da Aplicação

Na figura que se segue, definida a arquitectura do sistema de simulação desenvolvido. Esta divide-se em três módulos principais:

- Um módulo central, responsável por criar todas as entidades da simulação, fazendo a gestão desta. Guarda em listas os fornecedores e compradores que irão interagir, tornando simples o acesso a informação de cada um deles;
- Um módulo CTR, responsável pela agregação de confiança usando os resultados dos fornecedores em transacções passadas, definindo os três modelos submetidos a testes: HYSTPLUS, SINALPHA e FIRE;
- Um módulo de Informação Contextual, responsável por gerir a matriz de resultados de contratos de cada fornecedor, assim como agregar esses resultados de forma relevante para a recomendação que se pretende obter.

De referir também a existência de um objecto *Proposta*, associado a um determinado fornecedor em cada transacção, que é gerado pelo módulo central e que recebe dados das seguintes fontes: módulo CTR, módulo de Informação Contextual e do próprio fornecedor. Este objecto é dirigido ao Comprador e também ao histórico se a proposta for aceite. Por último, também se representam as origens da informação que irá compor os logfiles, referidos anteriormente em 4.1.1.3.

4.3 Diagrama de Actividades

Para ilustrar o comportamento do sistema no processo de selecção de parceiros, apresentamos na figura 4.4 um diagrama de actividades, que pretende especificar as operações realizadas por cada uma das entidades envolvidas. O processo demonstrado realiza-se para cada comprador em cada uma das rondas da simulação.

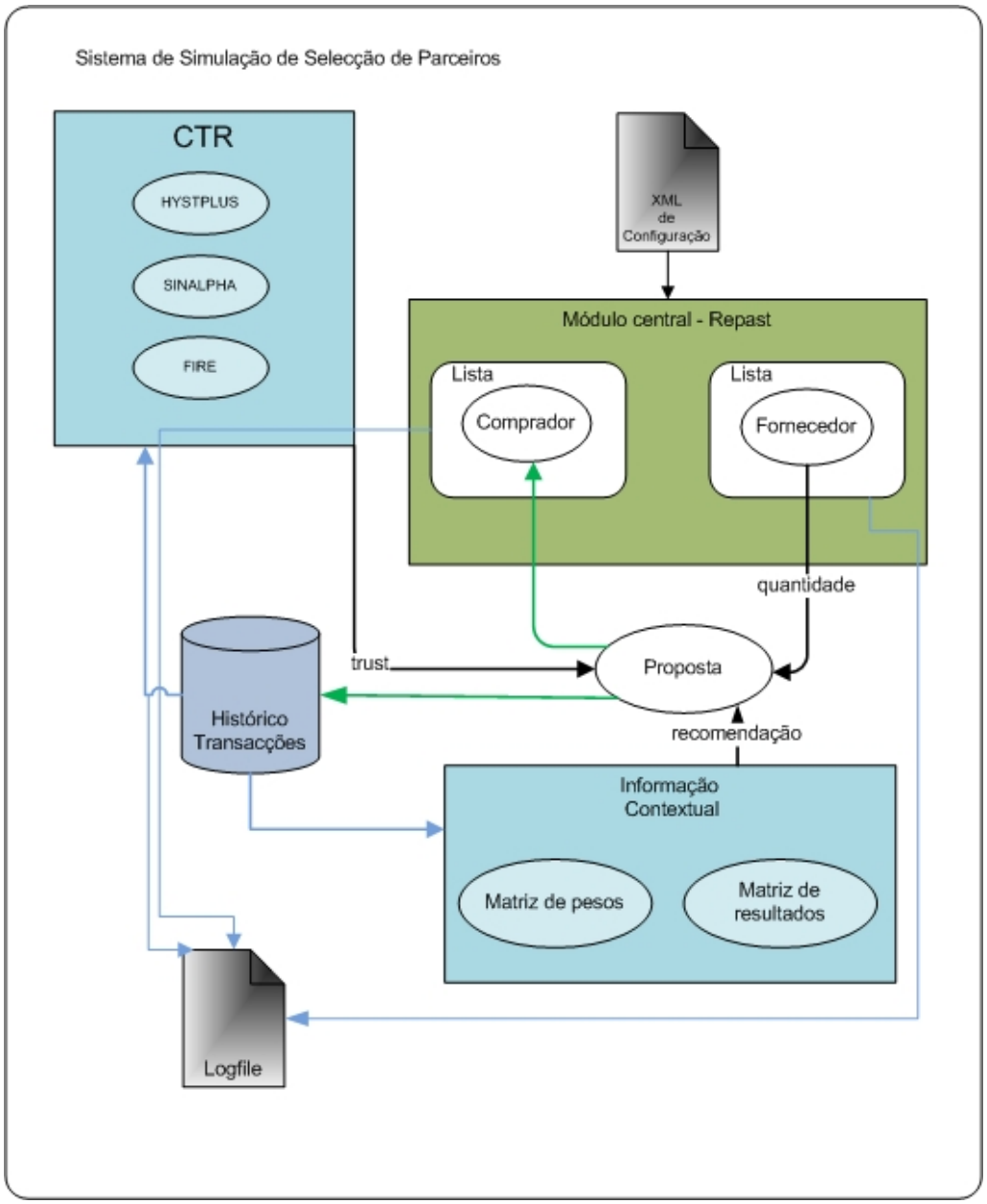

Figura 4.3: Diagrama da arquitectura

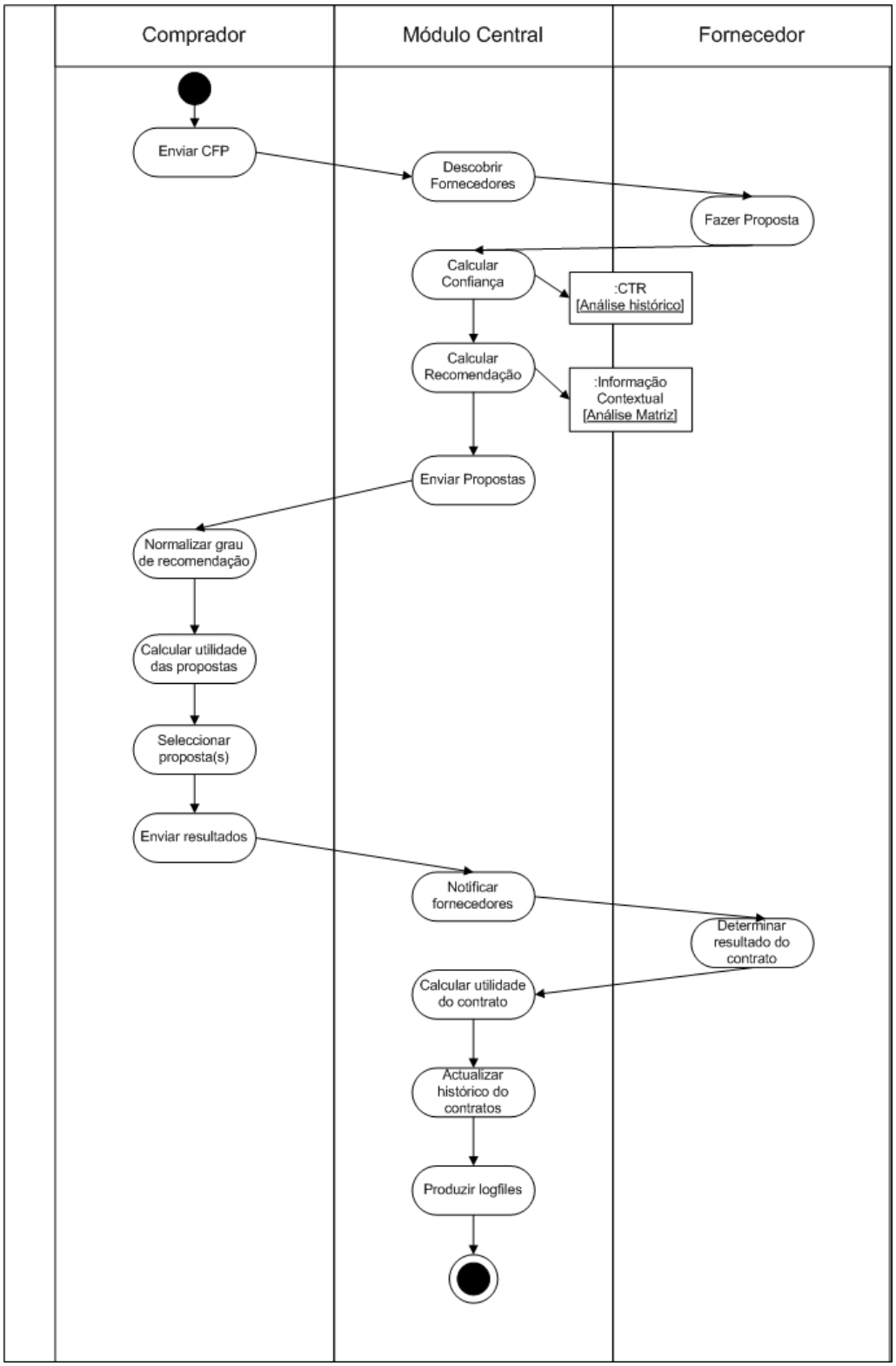

Figura 4.4: Diagrama de actividades

Capítulo 5

Resultados Experimentais

Com o intuito de testar o comportamento dos diferentes modelos de agregação de confiança, foram feitas duas abordagens: i) testar a eficácia dos modelos ao reconhecerem os melhores fornecedores e penalizarem os piores; e ii) verificar se os modelos detectam diferenças nos comportamentos dos fornecedores (provocadas no decorrer da simulação), e quão lestos são a tomar medidas para se adaptarem à mudança.

Para testar os diferentes modelos de agregação de informação contextual (demonstrados na secção 5.3), foi usado como agregador de confiança o modelo SINALPHA. Os testes efectuados incidiram sobre a qualidade das escolhas realizadas, beneficiando os modelos cujas recomendações assegurassem que os fornecedores escolhidos falhariam menos vezes o tipo de contrato em análise.

A ter em conta neste processo de simulação de resultados, está o facto de todos os modelos requererem um histórico de resultados para adquirirem utilidade e credibilidade. Por isso, em cada simulação foi definido um número de rondas iniciais em que a selecção de parceiros iria ser feita de forma aleatória, permitindo assim que no final desse período cada fornecedor tivesse um grau de confiança mais de acordo com o seu comportamento.

5.1 Validação da identificação do comportamento dos Fornecedores

Nesta abordagem, existem três tipos de fornecedores: ”Good”, ”Fair”e ”Bad”, com os comportamentos definidos em 4.1.2, por isso, seria de todo aconselhável que os fornecedores seleccionados fossem todos do tipo ”Good”, porque seria sinal que os modelos teriam destacado estes dos restantes com diferenças assinaláveis de graus de confiança. Para perceber se realmente os modelos postos a teste se comportam dessa maneira, há que testar a eficácia dos fornecedores nas transacções em que participam.

Para testar a eficácia dos fornecedores foram testados três parâmetros em cada simulação, a saber:

- A utilidade média dos contratos, representa a relação entre as quantidades especificadas nos contratos e as quantidades realmente fornecidas (um contrato violado significa que a quantidade entregue foi 0) em todas as transacções da simulação. Quanto maior for a utilidade média, maior a satisfação dos compradores, sendo menos vezes seleccionados fornecedores do tipo ”Bad”;

- O número de contratos violados por cliente nas últimas 10 transacções da simulação permite estudar o comportamento dos modelos quando existe mais informação sobre os fornecedores (i.e. quando a selecção dos parceiros é feita tendo em conta apenas a estratégia de selecção e não uma selecção aleatória, feita aquando da inicialização do sistema), e por consequência, maiores hipóteses de o grau de confiança obtido ser mais próximo do real;

- O número de contratos violados nas últimas 150 transacções da simulação permite, tal como para o parâmetro anterior, testar a eficácia dos modelos quando há mais informação. No entanto, este valor pode abarcar diferente informação dependendo do número de compradores (mais compradores, mais transacções por ronda).

Um outro aspecto estudado nestas experiência foi a influência do número de rondas da simulação, assim como o número de compradores/fornecedores, isto porque se varia a quantidade de transacções e por isso a quantidade de informação.

Foram sempre realizadas 12 simulações para cada experiência.

5.1.1 Influência do número de rondas no comportamento dos modelos

Nestas primeiras experiências, para além de avaliar o comportamento dos modelos, importa verificar se existe alguma relação entre o número de rondas em cada simulação e os resultados obtidos.

Os dados usados para cada simulação da experiência A1 constam na tabela 5.1.

Tabela 5.1: Especificação das variáveis utilizadas na experiência A1

Rondas	Compradores	Fornecedores	“Good”	“Fair”	“Bad”	Nº rondas aleatórias
150	15	30	34%	33%	33%	50

Os dados usados para cada simulação da experiência A2 constam na tabela 5.2.

A figura 5.1 mostra a utilidade média, em percentagem, das transacções realizadas por cada comprador, para cada estratégia e para cada experiência. A estratégia SINALPHA tem um desempenho melhor do que as restantes nas duas experiências, com diferenças

Tabela 5.2: Especificação das variáveis utilizadas na experiência A2

Rondas	Compradores	Fornecedores	"Good"	"Fair"	"Bad"	Nº rondas aleatórias
250	15	30	34%	33%	33%	50

de 1,5% e 2,6% (experiência A1), para a estratégia HYSTPLUS e FIRE respectivamente. Para a experiência A2, as diferenças foram de 1,6% e 2,5%.

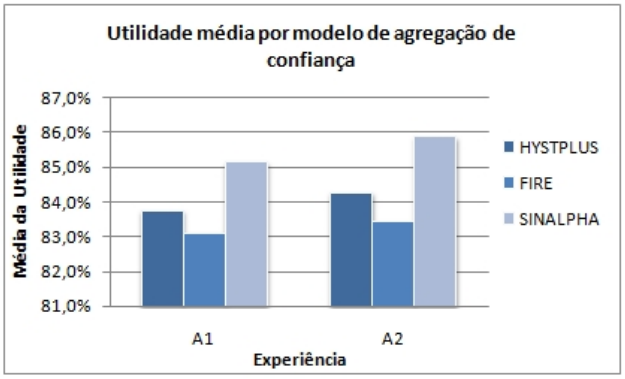

Figura 5.1: Gráfico comparativo da utilidade média por modelo de agregação na experiência A1 e A2.

Apesar de as diferenças entre estratégias não se alterar significativamente entre experiências, nota-se uma pequena evolução no seu desempenho com o aumento do número de rondas, fruto de um maior número de transacções a escolher os parceiro com melhor tipo de comportamento ("Good"neste caso). Na figura 5.2, podemos observar o valor médio de contratos violados nas últimas 10 transacções para cada comprador. A abordagem SINALPHA apresenta melhores resultados, mas sem diferença relevante para a abordagem HYSTPLUS (apenas uma décima).

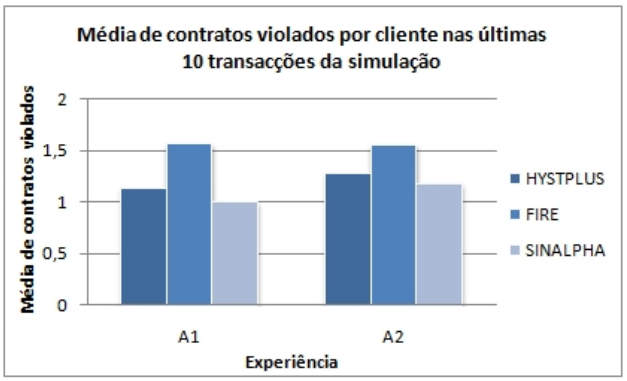

Figura 5.2: Gráfico comparativo da média de contratos violados por cliente por modelo de agregação na experiência A1 e A2.

Podemos ainda ver, na figura 5.3, a percentagem média de contratos violados nas últimas 150 transacções da simulação, em que mais uma vez a estratégia SINALPHA tem um melhor desempenho. Apesar das diferenças irrelevantes entre o SINALHPA e o HYSTPLUS, importa referir que, com o modelo FIRE, os agentes violam nas duas experiências 4% mais contratos. Nestas duas experiências não se verificou grande melhoria

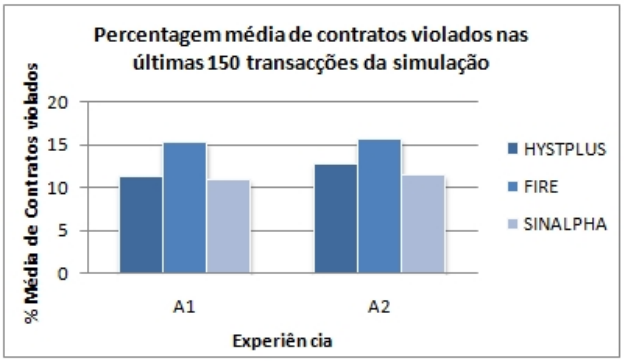

Figura 5.3: Gráfico comparativo da percentagem média de contratos violados nas últimas 150 transacções de cada simulação por modelo de agregação na experiência A1 e A2.

nos resultados por existir um maior número de rondas, isto porque foram corridas 100 rondas (experiência 1) depois de um período de aleatoriedade de 50 rondas, o que serviu para que os melhores fornecedores fossem identificados.

5.1.2 Influência da diferença entre o número de compradores e fornecedores no comportamento dos modelos

Quando se aumenta o número de compradores, aumenta-se directamente o número de transacções que ocorrem na simulação, tornando-se importante estudar como estas se distribuem pelos fornecedores, visto que dependendo do seu número, podemos ter mais ou menos resultados para inferir sobre o seu grau de confiança.

Foram feitas três experiências, todas com o mesmo número de rondas, variando apenas o número de compradores e fornecedores, de acordo com as tabelas 5.3, 5.4 e 5.5.

Tabela 5.3: Especificação das variáveis utilizadas na experiência B1.

Rondas	Compradores	Fornecedores	"Good"	"Fair"	"Bad"	Nº rondas aleatórias
150	15	30	34%	33%	33%	50

Tabela 5.4: Especificação das variáveis utilizadas na experiência B2.

Rondas	Compradores	Fornecedores	"Good"	"Fair"	"Bad"	Nº rondas aleatórias
150	10	40	34%	33%	33%	50

Tabela 5.5: Especificação das variáveis utilizadas na experiência B3.

Rondas	Compradores	Fornecedores	"Good"	"Fair"	"Bad"	Nº rondas aleatórias
150	20	20	34%	33%	33%	50

Como podemos ver na figura 5.4, os modelos de agregação comportam-se de maneiras diferentes para cada experiência, sendo o resultado mais discrepante observado na experiência B3, onde só o HYSTPLUS manteve o mesmo nível das outras experiências. A experiência B3 proporciona mais transacções ($\approx$ 20*150), mas também menos fornecedores de confiança, o que aumenta a probabilidade de existir uma menor diferença entre a qualidade destes. Assim, neste caso, uma estratégia que seja mais agressiva a variações de comportamento, e que seja mais decisiva a destacar bons fornecedores, irá obter mais sucesso nessas condições particulares, como se provou com o HYSTPLUS.

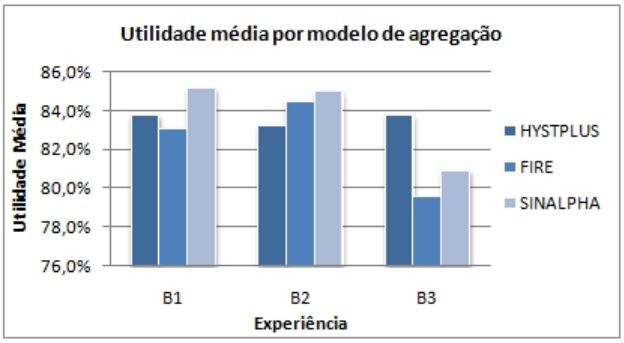

Figura 5.4: Gráfico comparativo da utilidade média por modelo de agregação na experiência B1, B2 e B3.

Relativamente ao número de contratos violados, não existem grandes diferenças entre experiências, visto serem resultados obtidos muito perto do final das simulações, onde os comportamentos de cada fornecedor já estão bem identificados. Nas figuras 5.5 e 5.6, podemos observar que não existem diferenças assinaláveis entre o SINALPHA e o HYSTPLUS, embora seja de assinalar que estas estratégias violam quase menos 7% de contratos do que o FIRE nas últimas 150 transacções na experiência B3, fruto do que já foi referido, pois parece-nos que o modelo FIRE não é tão propício a estabelecer diferenças tão agressivas entre bons fornecedores e razoáveis fornecedores.

Estes resultados vêm provar a melhor abordagem feita pelos modelos HYSTPLUS e SINALPHA, que tendo em conta todo o histórico dos fornecedores no processo de

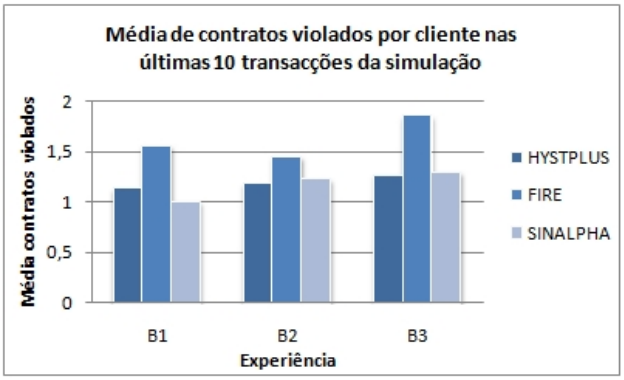

Figura 5.5: Gráfico comparativo da média de contratos violados por cliente nas últimas 10 transacções de cada simulação por modelo de agregação na experiência B1, B2 e B3.

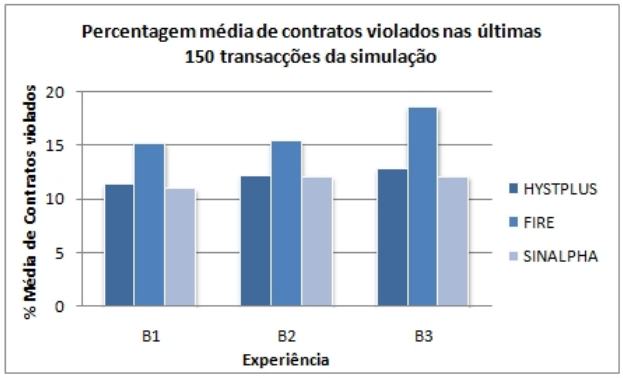

Figura 5.6: Gráfico comparativo da percentagem média de contratos violados nas últimas 150 transacções de cada simulação por modelo de agregação na experiência B1, B2 e B3.

agregação de confiança, obriga a uma série muito maior de bons resultados para que lhe seja conferido um grau de confiança alto. O mesmo já não acontece com o modelo FIRE, que se baseia em N últimos resultados, o que pode dar origem a um grau de confiança enganador se os resultados considerados forem pontualmente melhores do que o normal.

5.2 Validação da reacção dos modelos à mudança brusca no comportamento dos fornecedores

Nesta abordagem, irá ser provocada uma transformação no comportamento de alguns fornecedores, e um modelo será tanto melhor quanto mais rápido adaptar o grau de confiança dos fornecedores ao seu novo comportamento. Assim, optámos por testar uma diferença drástica de comportamento, em que num dado momento, todos os fornecedores do tipo ”Good”adquirem o comportamento de um fornecedor do tipo ”Bad”, por isso, será interessante perceber o quão rápido as estratégias de agregação de confiança

deixam de escolher esses fornecedores e passam a escolher os segundos melhores, que são os do tipo ”Fair”.

Para testar a eficácia dos modelos de agregação de confiança a detectar mudanças de comportamento foram testados três parâmetros em cada simulação, a saber:

- Diferença entre a média de contratos atribuídos a fornecedores do tipo ”Fair”antes e depois da mudança de comportamento, que quanto maior for, mais rápido se reflectiu a penalização no grau de confiança dos fornecedores do tipo ”Good”;
- Diferença entre a média de contratos atribuídos a fornecedores do tipo ”Bad”antes e depois da mudança de comportamento, que quanto maior for, mais contratos foram atribuídos aos fornecedores que mudaram de comportamento e por isso menor capacidade de adaptação do modelo;
- A utilidade média dos contratos, que reflecte, de uma forma global, o comportamento dos fornecedores, e por isso quanto maior for, mais penalizados foram os fornecedores que mudaram de comportamento.

Foram realizadas sempre 12 simulações para cada experiência, com 100 rondas, 16 Fornecedores e 8 compradores. Das 100 rondas, as primeiras 40 são de selecção aleatória para formar um histórico de resultados, sobrando 60 rondas em que são registadas as utilidades dos contratos, ocorrendo a mudança de comportamento na ronda 70. Um esquema do que é esta simulação encontra-se na figura 5.7.

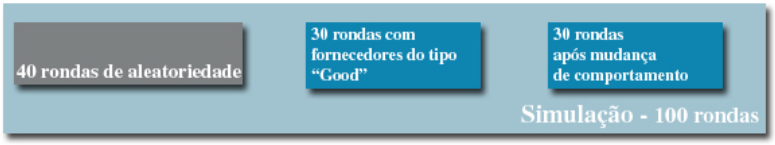

Figura 5.7: Diagrama com a divisão em fases das simulações realizadas para validar a reacção dos modelos à mudança brusca no comportamento dos fornecedores

Os resultados mostram poucas diferenças entre as três estratégias no que toca a adaptação à mudança de comportamento por parte dos fornecedores inicialmente do tipo”Good”. Como podemos ver nas figura 5.8 e 5.9, a estratégia FIRE, depois da mudança, aumenta o número de transacções realizadas por fornecedores do tipo ”Fair”mais que qualquer outra estratégia, sendo também aquela que dá menos hipóteses aos fornecedores que mudaram de comportamento. Convem esclarecer que ”Diferença Fair”é a diferença entre a média de contratos atribuidos a fornecedores do tipo ”Fair”no final experiência e a média de contratos atribuidos antes de se realizar a mudança de comportamento. ”Diferença Bad”é a diferença entre a média de contratos atribuidos a fornecedores do tipo ”Bad”no final experiência e a média de contratos atribuidos antes de se realizar a mudança de comportamento.

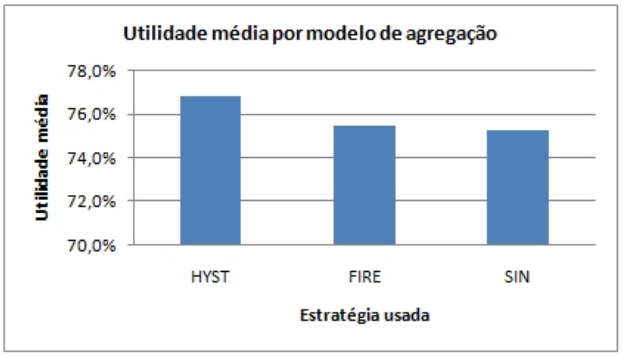

Figura 5.8: Gráfico comparativo da diferença da média de contratos atribuídos antes e depois da mudança de comportamento dos agentes do tipo ”Good”.

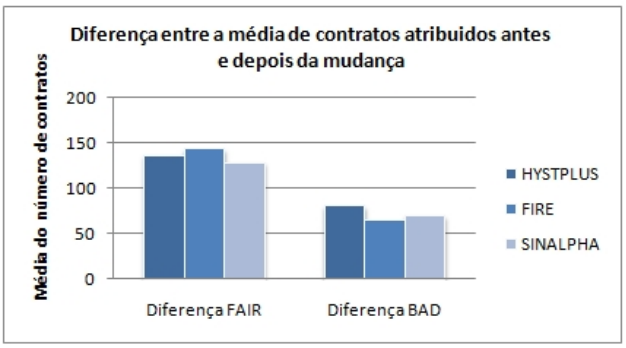

Figura 5.9: Gráfico comparativo da utilidade média em cada modelo de agregação no final das simulações.

No que toca à utilidade, as diferenças são de cerca de 2% entre a utilidade mais alta, dada pelo HYSTPLUS, e a mais baixa, dada pelo SINALPHA. No entanto, é justo concluir, que o modelo FIRE tem um comportamento ligeiramente melhor na detecção de desvios de comportamento, isto porque compila menos resultados, sendo menos afectado pelo histórico que vem de quando o fornecedor era do tipo ”Good”. Por outro lado, o SINALPHA, que se revelava o melhor modelo nas experiências realizadas até aqui, por usar uma curva em forma de S, com menos declive nos extremos, tem maior tendência para ser menos penalizador quando o fornecedor já atingiu um estatuto excepcional, como acontece neste caso, antes de este mudar de comportamento.

5.3 Teste aos modelos de agregação de informação contextual

Depois de recolhidos os dados da matriz de resultados de cada fornecedor, tornou-se necessário testar vários métodos para a agregação dessa informação, visto que à partida existiam várias abordagens que poderiam ser feitas e várias variáveis a poderem ser consideradas.

Cada um dos modelos descritos na secção 3.4, foi testado usando como modelo de agregação de confiança o SINALPHA, visto ter revelado melhores resultados em mais experiências (demonstradas nas secções 5.1 e 5.2). Foram realizadas 3 experiências, com 12 simulações cada. Em cada experiência, foram criados 16 fornecedores e 8 compradores, com 100 rondas de simulação, começando a selecção com base no grau de recomendação a ser feita após a ronda 75. Este número de rondas de aleatoriedade é necessário para que cada fornecedor tivesse a sua matriz de resultados com uma quantidade de dados suficiente para testar os vários modelos.

Os únicos parâmetros diferentes para cada experiência são o tipo de comportamento dos fornecedores:

- Experiência 1: 16 fornecedores do tipo ”Good”;
- Experiência 2: 16 fornecedores do tipo ”Fair”;
- Experiencia 3: 16 fornecedores do tipo ”Bad”.

Cada um destes tipos de comportamento encontra-se definido na figura 4.1 em 4.1.2.

Em cada simulação foram contabilizados o número de contratos bem sucedidos nas últimas 25 rondas da mesma, que pensamos ser revelador da influência do grau de recomendação dado pela informação contextual e da maior eficácia de um método em relação aos restantes.

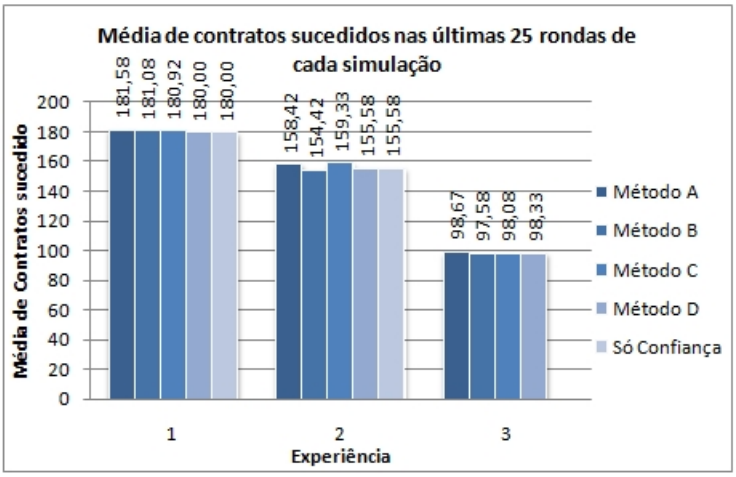

Figura 5.10: Gráfico comparativo da média de contratos sucedidos nas últimas 25 rondas de cada simulação para cada método de agregação de informação contextual.

Como podemos ver na figura 5.10, o método A tem melhores resultados do que os restantes nas experiências 1 e 3 ficando com o segundo melhor resultado, atrás do método C, na experiência 2. As diferenças entre métodos são sempre muito pequenas: na experiência 1 a diferença do método A para o método B (o 2ª melhor) é de 0,5 contratos;

na experiência 2 a diferença é de quase 1 contrato, e na experiência 3 a diferença ficou-se pelos 0,3 contratos.

Por ter um melhor comportamento global que os outros métodos, o método A ganhou a nossa preferência, mas também porque na experiência 1 e 2 (não há dados de comparação na experiência 3, visto que o mau comportamento dos fornecedores fez com que nenhum fosse seleccionado da ronda 75 em diante) foi ligeiramente melhor do que os resultados obtidos pela selecção feita recorrendo exclusivamente à componente de confiança. Tendo escolhido um método de agregação de informação contextual, torna-se importante comparar a utilidade de utilizar um grau de recomendação em conjunto com um grau de confiança em oposição à utilização exclusiva do grau de confiança. Para testar essa utilidade foram realizadas duas experiências, cada uma com um tipo de população diferente. Assim, na experiência 1, foram utilizados 16 fornecedores do tipo ”Good”com um de três *“handicap’s”* possíveis num determinado tipo de contrato (dias até à data de entrega igual a 1-2 dias por exemplo), o que faz com que esses fornecedores violem 50% desses contratos. Na experiência 2, metade dos 16 fornecedores tem um mesmo *“handicap’s”* igual aos usados na experiência 1, sendo a outra metade composta for fornecedores do tipo “Good” “normais”.

Com estas experiências pretende-se verificar se o modelo de obtenção de informação contextual consegue descortinar quais os *“handicap’s”* de cada fornecedor recomendando os melhores fornecedores para cada tipo de contrato.

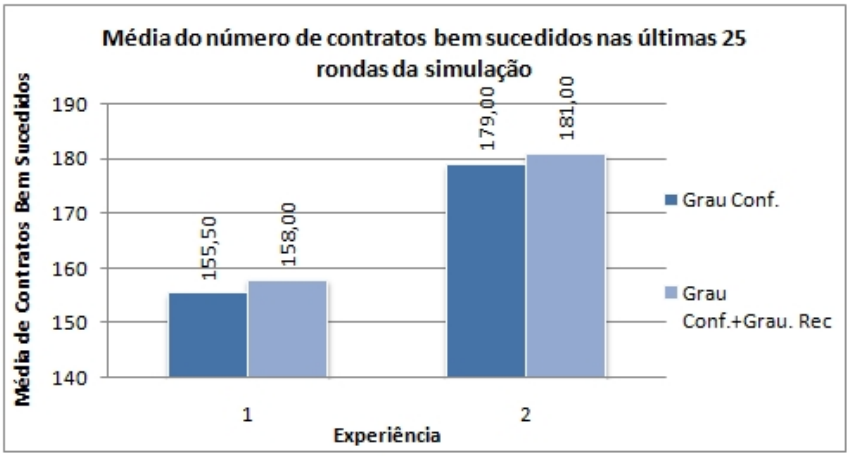

Figura 5.11: Gráfico comparativo da média de contratos bem sucedidos em 25 rondas de simulação para o uso exclusivo do grau de confiança ou de um grau de recomendação em conjunto com o grau de confiança.

Com 25 rondas de simulação, sendo as restantes 75 de selecção de parceiros aleatória para construção de histórico, reparamos na figura 5.11 que o uso de um grau de recomendação traz utilidade ao processo de selecção de parceiros por significar uma maior média de contratos bem sucedidos. Apesar de não ser muito relevante, convém sublinhar a diferença

que existe na diferença da media entre a experiência 1 e experiência 2, mostrando que os ganhos são maiores quanto mais especificidades compuserem o comportamento de um fornecedor.

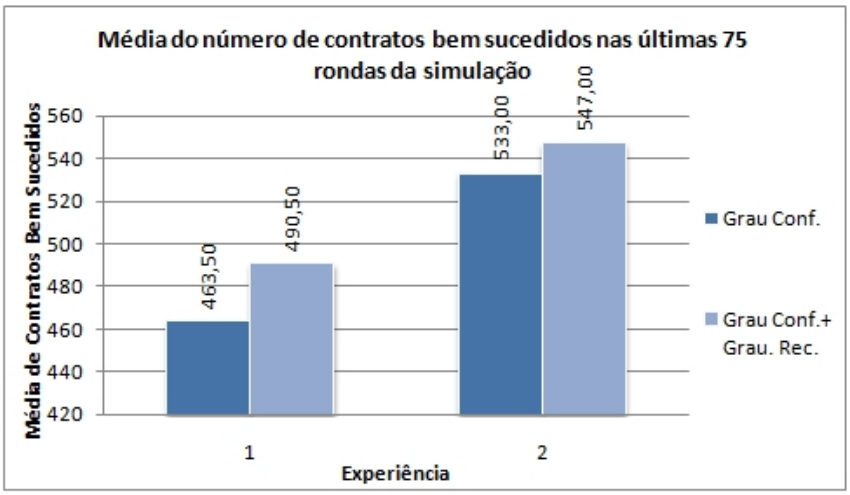

Figura 5.12: Gráfico comparativo da média de contratos bem sucedidos em 75 rondas de simulação para o uso exclusivo do grau de confiança ou de um grau de recomendação em conjunto com o grau de confiança.

Quando aumentamos o número de rondas da simulação aumentamos também a quantidade de informação recolhida sobre cada fornecedor, potenciando assim decisões mais informadas sobre o seu grau de confiança e grau de recomendação para cada negócio. Assim, e como podemos ver na figura 5.12, com mais informação disponível sobre cada fornecedor, as diferenças entre o uso ou não de um grau de recomendação em conjunto com o grau de confiança aumentam, sendo a maior diferença, como de resto já se tinha verificado na figura 5.11, na experiência 1.

Estes resultados ilustram a utilidade de usar um modelo de inferência contextual para gerar recomendações de potenciais parceiros para um dado negócio, aumentando as suas vantagens quanto mais específicas forem as competências de uma empresa, podendo assim serem escolhidas, para além das mais honestas, as mais adequadas a um tipo de contrato.

Capítulo 6

Conclusões e Trabalho Futuro

6.1 Conclusões

Nesta dissertação apresentamos o Sistema de Medida de Confiança para Selecção de Empresas em Sistemas automatizados, facilitador do modelo de negócio B2B, aplicável a sociedades de agentes e onde a cooperação e honestidade dos seus participantes desempenha um papel decisivo. A sua principal característica é conjugar no processo de escolha de entidades parceiras,duas visões diferentes do comportamento dessas entidades, representadas por:

- uma componente de confiança, que infere sobre o tipo de resultados a esperar de uma empresa tendo como base os seus resultados passados;
- uma componente de informação contextual, que analise quais as condições necessárias a um negócio, de forma a potenciar os melhores resultados de uma empresa com base na determinação de quão recomendável é um parceiro para uma transacção específica.

Essencial para o desenho, estudo e evolução do sistema, foi o desenvolvimento, em Repast, de uma aplicação de simulação para selecção de parceiros. A utilização do Repast permitiu, que através da construção de simples cenários de empresas interagindo em cenários relativos ao modelo B2B, obter os resultados necessários para a afinação e validação das ideias que foram aplicadas nos modelos, quer de agregação de confiança, quer de informação contextual.

O trabalho apresentado nesta dissertação veio mostrar as vantagens em agregar a confiança de uma entidade usando uma função representada por curva em forma de S - utilizada no modelo SINALPHA - que por um lado tem em consideração todo o histórico dessa entidade, e por outro, demonstra no processo de construção de confiança a assimetria da angariação da mesma no mundo real, onde é mais fácil perder confiança do que ganhá-la. Os resultados obtidos pelo sistema de simulação comprovam que esta forma de

modelar confiança tende a resultar em decisões mais informadas do que as obtidas tendo em conta métodos que usam médias ponderadas.

Outro aspecto decisivo desta dissertação prende-se com a utilidade da informação contextual no processo de selecção de parceiros. Tal como foi demonstrado, o modelo desenhado permite juntar várias variáveis do comportamento de uma empresa e depois seleccionar e extrair daí a informação mais pertinente para cada tipo de contrato, útil para o sistema determinar até que ponto essa empresa seria um parceiro recomendável para a situação em causa. Este grau de recomendação vem diferenciar e inovar o Sistema de Medida de Confiança de três formas:

- Permite tornar mais informada a selecção de parceiros de negócio tendo em conta um grau de confiança, (previsão sobre como irá cumprir o estabelecido em transacções futuras), e um grau de recomendação, (previsão sobre como atingirá o seu potencial enquanto empresa, no cumprimento de um determinado contrato);

- Permite desambiguar uma decisão quando existem várias entidades com graus de confiança semelhantes, servindo a análise da informação contextual retirada de cada uma para dar vantagem àquela que for mais adequada para o tipo de contrato em questão;

- Permite ”penalizar”uma empresa que, apesar de possuir um bom grau de confiança, se revele desadequada para o tipo de contrato em questão. Sem o recurso à informação contextual retirada da empresa, esta seria provavelmente escolhida pelo seu desempenho geral, quando na realidade poderia não estar preparada para a dimensão daquele negócio específico ou para os parâmetros de qualidade exigidos, por exemplo.

6.2 Trabalho Futuro

O Sistema de Medida de Confiança apresentado nesta dissertação tem grande margem de progressão, isto porque já existem várias ideias em estudo com potencial para enriquecerem cada um dos componentes deste modelo.

A evolução mais relevante a implementar será incluir outras fontes de informação no processo de agregação de confiança para além das experiências directas. Seria importante adicionar ao modelo uma componente de reputação, para ser usada seja de forma directa no processo de avaliação de um parceiro, seja apenas em caso de indecisão, quando duas ou mais entidades têm resultados semelhantes.

Deve ser aprimorado o esquema de organização de informação contextual, para que possa usar mais do que duas variáveis de negócio e mais do que três intervalos de dados, o que obrigaria a uma expansão do processo de agregação desses dados. Será importante

realizar um outro tipo de testes ao modelo de agregação de informação contextual, principalmente no referente à atribuição de pesos às células da matriz; esses pesos podem porventura ser dinâmicos, em função das crenças e comportamento do comprador.

Da mesma forma, e apesar de se terem realizado experiências pontuais com diferentes valores de λ (constante usada na fórmula para o cálculo dos pesos dos últimos 10 resultados), o cálculo dos pesos da "novidade" dados aos últimos 10 resultados no modelo SINALPHA e HYSTPLUS podem ainda ser melhorado, isto porque o valor encontrado baseia-se na dimensão dos problemas experimentados, podendo tornar-se incompatível para outros cenários.

Relativamente aos cenários estudados, deve ser testado o comportamento dos modelos de agregação de confiança e informação contextual com outras quantidades de informação, e com diferentes intervenientes, nomeadamente alterando os tipos de classificação de comportamento "Good", "Fair"e "Bad". Foram feitos estudos preliminares, na afinação dos modelos, com comportamentos não tão lineares como os referidos atrás, e que mostraram uma nova perspectiva das estratégias usadas para agregar confiança, como por exemplo, fornecedores que cumpriam vários contratos consecutivos, mas que quando violavam um passavam a ter um comportamento imprevisível.

O sistema de simulação de selecção de entidades parceiras pode ser melhorado, implementando ainda as seguintes funcionalidades:

- Tornar mais dinâmico o processo de especificação de cenários para experiências;
- Possibilitar que os dados das transacções realizadas numa simulação se mantenham para as seguintes, de forma a eliminar o período inicial de selecção aleatória para formação de histórico;
- Criar outros *logfiles* no final das simulações com outro tipo de informação.

Por último, será importante dar uma utilidade prática aos modelos estudados no Sistema de Medida de Confiança, visto que foram idealizados no contexto da Instituição Electrónica como sendo a base do módulo CTR. Para isso, pode ser aproveitado algum do código já desenvolvido para a ferramenta de simulação de selecção de entidades parceiras, que embora tenha sido escrito em Java tal como a Instituição Electrónica, esta faz uso da Framework JADE, uma plataforma de desenvolvimento de sistemas multi-agente, que inevitavelmente obrigará a várias reestruturações do código a reutilizar.

Referências

[Ain79] M. D. S. Ainsworth. Infant-mother attachment. *American Psychologist*, (34):932–937, 1979.

[Ala08] R. Alam. *Designing and Trusting Multi-Agent Systems for B2B Applications*. The Concordia Insitute, 2008.

[ARH00] A. Abdul-Rahman e S. Hailes. Supporting trust in virtual communities. *Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences*, 2000.

[BG01] M. Bacharach e D. Gambetta. Trust in signs. *In Trust and Social Structure*, 2001.

[BL05] A. Boukerche e X. Li. An agent-based trust and reputation management scheme for wireless sensor networks. *Computer Communications*, 30:2413–2427, 2005.

[BSBS64] W. G. Bennis, E. Schein, D. Berlew e F. Steele. *Interpersonal Dynamics: Essays and Readings on Human Interaction*. Dorsey, 1964.

[Car06] H. L. Cardoso. Electronic institution: an e-contracting platform for virtual organizations. *COMIC'06*, 2006.

[CF98] C. Castelfranchi e R. Falcone. Principles of trust in mas: Cognitive anatomy, social importance, and quantification. *Proceedings of the 9th International Workshop on Research Issues on Data Engineering: Information Technology for Virtual Enterprises*, 1998.

[CP02] R. Conte e M. Paolucci. *Reputation in Agent Societies*. Kluwer Academic Publishers, 2002.

[CPS05] R. Conte, M. Paolucci e J. Sabater. "what if?"dealing with uncertainity in repage's mental landscape. *The 2005 IEEE/WIC/ACM International Conference on Intelligent Agent Technology*, 2005.

[CPS07] R. Conte, M. Paolucci e J. Sabater. Reputation for inovating social networks. *Advances in Complex Systems*, 11(2):303–320, 2007.

[Das98] Partha Dasgupta. Trust as a commodity. *Trust: Making and Breaking Cooperative Relations*, 1998.

[DKP+99] H. Davulcu, M. Kifer, L. R. Pokorny, C. R. Ramakrishnan, I.V. Ramakrishnan e S. Dawson. Modelling and analysis of interactions in virtual enterprises. *Proceedings of the 9th International Workshop on Research Issues on Data Engineering: Information Technology for Virtual Enterprises*, 1999.

[EBa] EBay. ebay site. (http://www.ebay.com).

[HJS06] T. D. Huynh, N. R. Jennings e N. R. Shadbolt. An integrated trust and reputation model for open multi-agent systems. 2006.

[JF03] R. Jurca e B. Faltings. Towards incentive-compatible reputation management. *Trust, reputation and security: theories and practice*, Vol. 2631 of Lecture Notes in AI, 2003.

[JKL98] S.L. Jarvenpaa, K. Knoll e D. Leidner. Is anybody out there? the antecedents of trust in global virtual teams. *Journal of Management Information Systems*, 1998.

[JXZZ05] Y. C. Jiang, Z. Y. Xia, Y. P. Zhong e S. Y. Zhang. Autonomous trust construction in multi-agent systems - a graph theory methodology. *Advances in Engineering Software*, 36:59–66, 2005.

[Lap95] R. V. Lapshin. Analytical model for the approximation of hysteresis loop and its application to the scanning tunneling microscope. *Review of Scientific Instruments*, 66(9):4718–4730, 1995.

[LT08] K. C. Laudon e C. Traver. *E-commerce: Business, Technology, Society*. Prentice-Hall, 2008.

[MR03] A. Mielke e T. Roubicek. A rate-independent model for inelastic behavior of shape-memory alloys. *Multiscale Model. Simul.*, 2003.

[Oli08] E. C. Oliveira. Acetatos da disciplina de agentes e inteligência artificial distribuida, 2008.

[RCO05] A. P. Rocha, H. L. Cardoso e E. C. Oliveira. Contributions to an electronic institution supporting virtual enterprises life cycle. *Virtual Enterprise Integration: Technological and Organizational Perspectives*, 2005.

[RHJ04] S. D. Ramchurn, D. Huynh e N. R. Jennings. Trust in multi-agent systems. *The Knowloedge Engineering Review*, 2004.

[RLJ06] S. F. Railsback, S. L. Lytinen e S. K. Jackson. Agent-based simulation platforms: Review and development recommendations. Technical report, 2006.

[RN03] S. Russel e P. Norvig. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Prentice Hall, 2003.

[RNT08] A. Rettinger, M. Nickles e V. Tresp. A statistical relational model for trusting learning. *Proc. of 7th Int. Conf.on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS2008)*, 2008.

[Rot54] J. B. Rotter. *Social Learning and Clinical Psychology*. Prentice-Hall, 1954.

[RZ02] P. Resnick e R. Zeckhauser. Trust among strangers in internet transactions: Empirical analysis of ebay reputation system. *The economics of the internet and e-commerce*, Vol.11 of Advances in Applied Microeconomics, 2002.

[Sab03] J. Sabater. *Trust and Reputation for Agent Societies*. PhD thesis, 2003.

[SS01] J. Sabater e C. Sierra. Regret: A reputation model for gregarious societies. *In Fourth workshop on deception fraud and trust in agent societies*, 2001.

[TPJL05] W. T. L. Teacy, J. Patel, N. R. Jennings e M. Luck. Coping with inaccurate reputation sources: Experimental analysis of a probabilistic trustmodel. *In proceedings of fourth international joint conference on autonomous agents and multiagent systems*, 2005.

[Tri71] R. Trivers. The evolution of reciprocal altruism. *Quarterly Review of Biology*, 46, 1971.

[URO09a] J. Urbano, A. P. Rocha e E. C. Oliveira. An aggregation engine that models non-linear partners behaviour. 2009.

[URO09b] J. Urbano, A. P. Rocha e E. C. Oliveira. Trust evaluation for reliable electronic transactions between business partners. 2009.

[YS01] B. Yu e M. P. Singh. An evidential model of distributed reputation management. *Proceedings of first international joint conference on autonomous agents and multi-agent systems*, 1, 2001.

[YS03] B. Yu e M. P. Singh. Searching social networks. *Proceedings of the second international joint conference on autonomous agents and multiAgent systems (AAMAS)*, 2003.

[ZM00] G. Zacharia e P. Maes. Trust management through reputation mechanisms. *Applied Artificial Intelligence*, 2000.

Anexo A

Matrizes de Pesos

Aqui estarão representadas todas as configurações possiveis de matrizes de pesos para o cálculo do grau de recomendação (como foi analisado na secção 3.4), existindo uma configuração diferente para cada tipo de contrato a que uma entidade se submeta. Poderão existir duas matrizes para o mesmo tipo de contrato, se o sistema verificar que a entidade cumpre com sucesso um tipo de contrato ”mais difícil”. Para identificar o peso na matriz foi usado um código de cores que será representado na figura que se segue.

Figura A.1: Código de cores para especificação dos pesos na matriz.

A.1 Quantidade a fornecer $\leq$ 50.000 unidades, Dias até à data de entrega: 1 a 2

		Dias até à data de entrega		
		1 a 2	3 a 5	6 ou mais
Quantidade a fornecer	<=50.000	+1 -0	+6 -2	+8 -1
	<=500,000	+2 -1	+5 -2	+1 -0
	<=1.000.000	+3 -2	+2 -2	+1 -0

A.2 Quantidade a fornecer $\leq$ 500.000 unidades, Dias até à data de entrega: 1 a 2

		Dias até à data de entrega		
		1 a 2	3 a 5	6 ou mais
Quantidade a fornecer	<=50.000	+1 -0	+6 -2	+8 -1
	<=500,000	+2 -1	+5 -2	+1 -0
	<=1.000.000	+3 -2	+2 -2	+1 -0

A.3 Quantidade a fornecer $\leq$ 1.000.000 unidades, Dias até à data de entrega: 1 a 2

		Dias até à data de entrega		
		1 a 2	3 a 5	6 ou mais
Quantidade a fornecer	<=50.000	+1 -0	+6 -2	+8 -1
	<=500,000	+2 -1	+5 -2	+1 -0
	<=1.000.000	+3 -2	+2 -2	+1 -0

A.4 Quantidade a fornecer $\leq$ 50.000 unidades, Dias até à data de entrega: 3 a 5

		Dias até à data de entrega		
		1 a 2	3 a 5	6 ou mais
Quantidade a fornecer	<=50.000	+1 -0	+6 -2	+8 -1
	<=500,000	+2 -1	+5 -2	+1 -0
	<=1.000.000	+3 -2	+2 -2	+1 -0

Atente-se agora na célula correspondente à quantidade $\leq$ 500.000 e número de dias até à data de entrega: 1 a 2. Por ser uma célula com um resultado negativo já não é contabilizada.

		Dias até à data de entrega		
		1 a 2	3 a 5	6 ou mais
Quantidade a fornecer	<=50.000	+1 -0	+6 -2	+8 -1
	<=500,000	+2 -3	+5 -2	+1 -0
	<=1.000.000	+3 -2	+2 -2	+1 -0

A.5 Quantidade a fornecer $\leq$ 500.000 unidades, Dias até à data de entrega: 3 a 5

		Dias até à data de entrega		
		1 a 2	3 a 5	6 ou mais
Quantidade a fornecer	<=50.000	+1 -0	+6 -2	+8 -1
	<=500,000	+2 -1	+5 -2	+1 -0
	<=1.000.000	+3 -2	+2 -2	+1 -0

		Dias até à data de entrega		
		1 a 2	3 a 5	6 ou mais
Quantidade a fornecer	<=50.000	+1 -0	+6 -2	+8 -1
	<=500,000	+2 -1	+5 -2	+1 -0
	<=1.000.000	+3 -4	+2 -2	+1 -0

A.6 Quantidade a fornecer $\leq$ 1.000.000 unidades, Dias até à data de entrega: 3 a 5

		Dias até à data de entrega		
		1 a 2	3 a 5	6 ou mais
Quantidade a fornecer	<=50.000	+1 -0	+6 -2	+8 -1
	<=500,000	+2 -1	+5 -2	+1 -0
	<=1.000.000	+3 -2	+2 -2	+1 -0

A.7 Quantidade a fornecer $\leq$ 50.000 unidades, Dias até à data de entrega: 6+

		Dias até à data de entrega		
		1 a 2	3 a 5	6 ou mais
Quantidade a fornecer	<=50.000	+1 -0	+6 -2	+8 -1
	<=500,000	+2 -1	+5 -2	+1 -0
	<=1.000.000	+3 -2	+2 -2	+1 -0

		Dias até à data de entrega		
		1 a 2	3 a 5	6 ou mais
Quantidade a fornecer	<=50.000	+1 -0	+6 -2	+8 -1
	<=500,000	+2 -1	+1 -2	+1 -0
	<=1.000.000	+3 -2	+2 -2	+1 -0

A.8 Quantidade a fornecer $\leq$ 500.000 unidades, Dias até à data de entrega: 6+

		Dias até à data de entrega		
		1 a 2	3 a 5	6 ou mais
Quantidade a fornecer	<=50.000	+1 -0	+6 -2	+8 -1
	<=500,000	+2 -1	+5 -2	+1 -0
	<=1.000.000	+3 -2	+2 -1	+1 -0

		Dias até à data de entrega		
		1 a 2	3 a 5	6 ou mais
Quantidade a fornecer	<=50.000	+1 -0	+6 -2	+8 -1
	<=500,000	+2 -1	+5 -2	+1 -0
	<=1.000.000	+3 -2	+2 -2	+1 -0

A.9 Quantidade a fornecer $\leq$ 1.000.000 unidades, Dias até à data de entrega: 6+

		Dias até à data de entrega		
		1 a 2	3 a 5	6 ou mais
Quantidade a fornecer	<=50.000	+1 -0	+6 -2	+8 -1
	<=500,000	+2 -1	+5 -2	+1 -0
	<=1.000.000	+3 -2	+2 -1	+1 -0