

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ELETRICIDADE

LUÍS CARLOS COSTA FONSECA

**SISTEMA MULTIAGENTES PARA NEGOCIAÇÃO NO
AMBIENTE ICS DE COMÉRCIO ELETRÔNICO**

São Luís

2003

LUÍS CARLOS COSTA FONSECA

**SISTEMA MULTIAGENTES PARA NEGOCIAÇÃO NO
AMBIENTE ICS DE COMÉRCIO ELETRÔNICO**

Dissertação de Mestrado submetida à coordenação do curso de Pós-Graduação em Engenharia de Eletricidade da UFMA como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Ciência da Computação.

São Luís

2003

LUÍS CARLOS COSTA FONSECA

**SISTEMA MULTIAGENTES PARA NEGOCIAÇÃO NO
AMBIENTE ICS DE COMÉRCIO ELETRÔNICO**

Dissertação de Mestrado submetida à coordenação do curso de Pós-Graduação em Engenharia de Eletricidade da UFMA como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Ciência da Computação.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM ___ / ___ / 2003

Prof. Dr. Sofiane Labidi
(Orientador)

Prof. Dr. Edson Costa de Barros Carvalho Filho
(Membro da Banca Examinadora)

Prof. Dr. Edson Nascimento
(Membro da Banca Examinadora)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que sempre clareou os meus caminhos.

Aos meus familiares, especialmente aos meus pais que souberam me conduzir até essa conquista.

Ao professor Labidi, não só pela orientação deste trabalho, mas, também, por todo apoio e amizade a mim oferecido durante minha vida acadêmica, como graduando e como mestrando.

Aos meus amigos, em especial a Othon Bastos Filho pelo companheirismo e estímulo que nunca faltaram.

À Luciano por compartilhar comigo seu grande conhecimento.

À Mark Renato pelo auxílio na elaboração deste trabalho.

Aos professores que me ajudaram a vencer nesta difícil jornada que é a conclusão do curso de Ciência da Computação.

A Deus, fonte da vida.

A meus pais e irmã, pelo incentivo e carinho constantes.

A todos os amigos, pelo companheirismo e apoio.

“A imaginação é mais importante que o saber”.

Albert Einstein

RESUMO

Este trabalho faz parte de um projeto maior chamado ICS (*Intelligent Commerce System*) e que tem como objetivo desenvolver um Ambiente Inteligente de Negociação para Comércio Eletrônico na categoria B2B e que está sendo desenvolvido na UFMA (Universidade Federal do Maranhão) sob a Orientação do Prof. Dr. Sofiane Labidi.

Neste trabalho trataremos especificamente da arquitetura básica proposta para o sistema, as tecnologias que o fundamentam e de forma mais detalhada trataremos da negociação entre agentes de software além das suas aplicações no sistema ora proposto.

Neste contexto, pretendemos, propor e implementar um sistema que possa automatizar os mecanismos de negociação - compra e venda de produtos e serviços - tornando as interações entre empresas mais sofisticadas, rápidas e eficientes, e assim incrementar ainda mais os lucros deste ramo de negócio.

Sendo assim, nós apresentamos o ICS (*Intelligent Commerce System*) como um sistema de Comércio Eletrônico baseado na tecnologia de Agentes Móveis seguindo o padrão MASIF¹ da OMG (OMG, 2000). Três importantes características do ICS são enfatizadas: ciclo de vida do comércio eletrônico, modelagem do usuário e as ontologias propostas para cada fase do ciclo de vida. Assim o ICS visa obter como produto final da negociação, as melhores oportunidades de compra e venda

¹ Mobile Agent System Interoperability Facilities (também chamado MAF, uma abreviatura da proposta inicial, Mobile Agent Facility) é um padrão para aplicações de agentes móvel proposta pelo Object Management Group.

de produtos e serviços, provendo assim, um sistema de suporte à tomada de decisão.

Palavras Chave: Comércio Eletrônico, Agente de Software, Ontologias, Tomada de Decisões Racionais.

ABSTRACT

This work is part of a major project called ICS (*Intelligent Commerce System*) that has as its main goal to develop an Intelligent Negotiation System for Electronic Business on the B2B category which is being developed at UFMA (Maranhão's Federal University) under the Coordination of Prof. Dr. Sofiane Labidi.

In this work we will specifically see the basic architecture proposed for the system, the technologies that base it and in a more detailed way we will see the negotiation between software agents beyond its applications in the proposed system.

In this context, we intend, to propose and develop a system that can automatize the negotiation mechanisms - purchase and sale of products and services - making the interactions between companies faster, more sophisticated and efficient, and thus increase even more the profits of this business.

Being so, we present the ICS (Intelligent Commerce System) as an Electronic Business System based on Mobile Software Agent's technology that follows the OMG MASIF² of OMG standard (OMG, 2000). Three important features of ICS are emphasized: the electronic commerce lifecycle, the user modeling and the proposed ontologies on each of the lifecycle's phase. Thus the ICS aims to get as end item of the negotiation, the best opportunities of purchase and sale of products and services, thus providing, a decision making support system.

Keywords: Electronic Business, Software Agents, Ontologies, Rational Decision Making

² Mobile Agent System Interoperability Facilities (também chamado MAF, uma abreviatura da proposta inicial, Mobile Agent Facility) é um padrão para aplicações de agentes móvel proposta pelo Object Management Group.

SUMÁRIO

1 Introdução.....	13
1.1 Objetivos	13
1.2 Justificativa e Relevância	13
1.3 Organização da Dissertação.....	15
2 Estado da ARTE	17
2.1 Comércio Eletrônico	17
2.1.1 Conceito de Comércio Eletrônico.....	17
2.1.2 Evolução dos Sistemas de Comércio Eletrônico	18
2.1.3 Soluções Relacionadas ao Comércio Eletrônico.....	20
2.1.4 Negócio Eletrônico.....	26
2.1.5 Intra-Business.....	31
2.1.6 Conclusão	32
2.2 Agentes que Tomam Decisões Racionais.....	32
2.2.1 Comércio Eletrônico Mediado por Agentes	32
2.2.2 Sistemas Multiagentes e Agentes com Interesses Próprios.....	33
2.2.3 Projeto de Mecanismos.....	38
2.2.4 Critérios de Avaliação	39
2.2.5 Protocolos de Negociação.....	42
2.2.6 Processo de Negociação.....	45
2.2.7 Conclusão	49
2.3 Ontologias.....	50
2.3.1 Conceitos Básicos	50
2.3.2 Web Semântica	52

2.3.3	Tecnologias Relacionadas	54
2.3.4	Aplicações	55
2.3.5	Conclusão	58
3	Intelligent Commerce System – ICS	59
3.1	ICS.....	59
3.1.1	Ambientes de Negociação Entre Agentes Afins	59
3.1.2	Ambiente ICS.....	60
3.1.3	Arquitetura do ICS	61
3.1.4	Ciclo de Vida do Comércio Eletrônico no ICS.....	64
3.1.5	Conclusão	72
4	Negociação no ICS	73
4.1	Modelo de Negociação	73
4.1.1	Cenário	73
4.1.2	Base de Anúncios e Base de Clusters	74
4.1.3	Composição dos Anúncios	75
4.1.4	Composição dos Clusters.....	76
4.1.5	Agentes Negociadores.....	76
4.1.6	Agente Matchmaker.....	80
4.1.7	Agentes Mediadores.....	84
4.1.8	Conclusão	88
5	Conclusão.....	89
	REFERÊNCIAS	91

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Custos: O que, quanto e para quem produzir?	25
Figura 2 - Os setores que mais investem em softwares de gestão.	26
Figura 3 - Estrutura Típica de um sistema multiagentes	34
Figura 4 - Relacionamento entre dinheiro e utilidade	35
Figura 5 - O Ambiente ICS	62
Figura 6 - Interface de Manipulação de Agentes SOMA	64
Figura 7 - Ciclo de vida do comércio eletrônico no ICS.....	65
Figura 8 - Editor de Ontologias OilEd.....	66
Figura 9 - Modelagem do Usuário no ICS	67
Figura 10 - Ontologia da Modelagem do Usuário.....	68
Figura 11 - Exemplo simplificado de anuncio codificado em DAML.....	70
Figura 12 - Ontologia do protocolo Compartilhado.....	71
Figura 13 - Cenário Início da Negociação	74
Figura 14 - Diagrama de Casos de Uso para a Obtenção do Modelo do Usuário.....	79
Figura 15 - Processo de Negociação	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Protótipo padrão para os anúncios.....	75
Tabela 2. Estrutura Básica dos <i>Clusters</i>	76
Tabela 3. Tabela de Anúncios.....	81

1 INTRODUÇÃO

1.1 Objetivos

O objetivo deste trabalho é de contribuir na modelagem e implementação de um sistema para o comércio eletrônico na categoria B2B³ baseado na tecnologia de Agentes de Software (WOOLDRIDGE, 1999), com ênfase nas negociações intra-agentes. Com este trabalho pretende-se criar uma ferramenta que forneça informações úteis à tomada de decisões para empresas do ramo do comércio. Especificamente, nós pretendemos:

- i)* definir os principais conceitos que serão implementados no sistema, baseando-se nos princípios de Comércio Eletrônico, na Teoria de Agentes de Software e Ontologias;
- ii)* definir as funcionalidades básicas do modelo de sistema bem como a identificação dos principais casos de uso;
- iii)* fazer uso da UML (Parunak, 2001) para modelar os conceitos anteriores;
- iv)* projetar o Sistema de Negociação entre Agentes, provendo desta forma um ambiente de suporte a tomada de decisão.

1.2 Justificativa e Relevância

O comércio eletrônico, no Brasil, como no mundo, apresenta claros sinais de evolução. Esta é a conclusão de um estudo da realizado pela Fundação Getúlio Vargas (FGV) de São Paulo em 2002, e publicado na 4^a edição da pesquisa

³ O B2B (ou *Business to Business*) é a categoria de E-Commerce entre empresas.

"Comércio Eletrônico no Mercado Brasileiro". Resultados do estudo mostram que o setor movimentou US\$ 2,1 bilhões em 2001 - US\$ 1,6 bilhão proveniente das transações entre empresas (*Business to Business* ou B2B), e os US\$ 500 milhões restantes da venda para consumidores (*Business to Consumer* ou B2C).

Portanto, nota-se, que o Comércio Eletrônico vem tendo um crescimento exponencial tanto em relação ao número de usuários como à quantidade de transações comerciais efetuadas.

Entretanto, não foram registradas grandes novidades nas aplicações mais intensamente utilizadas pelas empresas para vender on-line; e-mails, trocas eletrônicas de dados e páginas na Internet lideraram os recursos. Os aspectos mais relevantes listados por essas companhias quando o assunto é *e-commerce* são: Segurança e privacidade, relacionamento com clientes, alinhamento estratégico e adequação tecnológica.

Um dos fatores mais influentes, atualmente, no quesito competitividade, em uma empresa, de qualquer ramo da economia capitalista, é a quantidade e a qualidade da informação que ela possui. Portanto manter-se informado deve ser uma grande preocupação daqueles que querem continuar no mercado. Daí a importância de ferramentas que sejam fontes de informação e que dêem apoio à tomada de decisão.

Um das informações mais preciosas para as empresas do ramo do comércio são aquelas relacionadas à regra de aquisição de produtos. Com elas as empresas podem manter-se competitivas e aumentar a sua margem de lucro.

Sendo assim, uma ferramenta que pudesse prover informações sobre as melhores oportunidades de compra de produtos seria de grande utilidade para os

empresários, que deixariam de se preocupar com o processo de barganha de preços para estes itens.

Além disso, recentes avanços na tecnologia de Agentes de Software viabilizaram o Comércio Eletrônico Inteligente, onde os agentes são entidades atuando autonomamente (ou semi autonomamente) em favor de empresas ou pessoas em ambientes de negociação virtuais.

Entretanto, ainda é escassa a oferta de ferramentas dessa natureza. E por esta razão, propomos o ICS, que é um sistema de comércio eletrônico inteligente que compreende um processo que vai desde a aquisição das preferências do usuário até a formalização e implementação dos acordos feitos pelos agentes negociadores.

1.3 Organização da Dissertação

Esta dissertação está organizada em cinco partes, divididas em seis capítulos. O Capítulo 1 é constituído por esta *introdução*, e trata dos objetivos e justificativas e organização da dissertação.

No Capítulo 2, fazemos a revisão bibliográfica, apresentando o *Estado da Arte* dos conceitos de Comércio Eletrônico, Tomada de Decisões Racionais por Agentes e da área de Ontologias. Essa parte é dividida em três seções, a saber: Seção 2.1, no qual apresentamos uma visão geral do comércio eletrônico. São discutidos aspectos históricos, conceitos básicos, características e aplicações de sistemas baseados nessa tecnologia; Seção 2.2, no qual fazemos uma explanação sobre a Tomada de Decisões Racionais por Agentes; Seção 2.3, no qual fornecemos uma revisão sobre Ontologias destacando os principais elementos, desafios e

soluções empregadas para superá-los. São apresentadas tendências nessa área, principalmente ao que se relaciona à aplicações relacionadas ao domínio deste trabalho;

No Capítulo 3, tratamos da primeira parte de nossa *contribuição*: O sistema de comércio eletrônico inteligente – ICS. Essa parte é composta pela Seção 3.1, no qual definimos a estrutura do ICS e sua arquitetura baseada em agentes móveis. Tratamos também de aspectos relacionados ao ciclo de vida do comércio eletrônico.

No Capítulo 4, apresentamos a segunda parte de nossa contribuição: O modelo de Negociação do ICS. Essa parte é composta de apenas um capítulo intitulado Modelo de Negociação.

No Capítulo 5, apresentamos nossas conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

2 ESTADO DA ARTE

2.1 Comércio Eletrônico

Apresentamos, neste capítulo, os principais conceitos relacionados ao comércio eletrônico, em especial o Comércio Eletrônico (CE) entre empresas ou B2B. São discutidos também aspectos históricos, conceitos básicos, características, aplicações, vantagens e desvantagens de implementações baseadas nessa tecnologia.

2.1.1 Conceito de Comércio Eletrônico

O conceito de Comércio Eletrônico (CE) é amplo e pode ser definido sobre vários pontos de vista.

Em (ALBERTIN, 2001), o CE é definido como sendo “a realização de toda a cadeia de valor dos processos de negócio em um ambiente eletrônico, por meio da aplicação intensa de tecnologias de comunicação e informação, atendendo aos objetivos do negócio”. Salienta ainda que estes processos podem ser realizados completa ou parcialmente, incluindo transações negócio-a-negócio, negócio-a-consumidores, intra-organização, utilizando a infra-estrutura, predominantemente pública, de fácil e livre acesso com baixo custo.

Para (CAMERON, 1997) inclui-se dentro do conceito de CE qualquer negócio transacionado eletronicamente, seja entre dois parceiros de negócio ou entre empresas e seus clientes.

Em (BLOCH et al, 1996), os autores estenderam a definição de compra e venda de informações, produtos e serviços por meio de redes de computadores para suporte a qualquer tipo de transação de negócio que utilize uma infra-estrutura

digital. Isto coincide com o uso mais abrangente que algumas empresas fazem do CE, tal como divulgar informações a seus clientes via Internet, ou ainda utiliza-la como um canal de venda ou meio de prestar suporte.

O CE também pode ser definido como um conjunto de técnicas e tecnologias computadorizadas utilizadas para facilitar e executar transações comerciais de bens e serviços físicos ou virtuais como descrito mais recentemente em (MEIRA, 2000).

Entendemos, portanto, que o CE é toda transação que ocorre por meio digital e que envolve troca de bens ou serviços sendo as diferentes visões do seu conceito associadas à sua aplicabilidade, e geradas a partir da necessidade de melhorar interações com consumidores, aprimorar processos de negócios e trocar informações dentro e entre empresas e com seus clientes, fazendo melhor uso possível da Tecnologia da Informação.

2.1.2 Evolução dos Sistemas de Comércio Eletrônico

A idéia de CE não é nova. A técnica de vender produtos utilizando novas mídias e meios de comunicação já era utilizada desde os serviços de televendas e vendas pelo correio através de catálogos e revistas (JANUZZI, 2001). A Internet é só mais um novo canal que possibilita a comercialização de bens e serviços de forma a atingir novos consumidores e possibilitar um maior estreitamento das relações cliente-empresa.

O CE é um campo de pesquisa que está sempre envolvendo formas novas e mais efetivas de suporte aos negócios. Inicialmente, o CE envolvia o uso de

tecnologias como EDI⁴ (c.f. seção 2.1.3.2) e Intranets configurando relacionamentos de longo prazo entre fornecedores e compradores. Isto aumentava a eficiência e a velocidade das transações, entretanto resultava em uma interdependência entre as empresas. Tanto o comprador como o fornecedor tinha de investir significativamente de antemão na infra-estrutura do relacionamento. Dessa forma, eles não poderiam trocar facilmente os parceiros de negócio implicando na impossibilidade de livre concorrência.

A segunda fase do comércio eletrônico centralizou-se na solução deste problema. Com a crescente disponibilidade da *Web*, foi desenvolvido um ambiente mais aberto de comercialização, permitindo as empresas negociarem com mais flexibilidade. Boa parte dessa abertura foi alcançada pela competição por meio de portais *Web*, agindo como pontos de encontro entre compradores e vendedores. Algumas das vantagens da EDI puderam agora ser alcançadas em um ambiente mais aberto, onde os relacionamentos não precisam ser de longo prazo.

Entretanto, existe um benefício da EDI que foi perdido na nova fase. A negociação de preços era executada antecipadamente, e a compra podia ser totalmente automatizada. Quando um sistema de planejamento e previsão de manufatura identificava uma necessidade de compra, ele poderia iniciar este processo automaticamente sem nenhuma interação humana, aumentando a velocidade e a eficiência. Na segunda fase, cada comprador pode interagir com um novo fornecedor, e então se envolver em uma nova negociação. Conseqüentemente, muitas dessas compras não poderiam ser feitas automaticamente, e ao contrário requeriam interações humanas, mediadas pela *Web*.

⁴ *Electronic Data Interchange* ou Troca eletrônica de Dados

Já a terceira fase do comércio eletrônico está só começando. Seu objetivo é discutir esse assunto, permitindo interações automáticas nos negócios em um ambiente flexível. A tecnologia não será um obstáculo na troca de fornecedores ou clientes. Relacionamentos de longo prazo continuarão exercendo um papel importante, porém eles persistirão por opção dos parceiros de negócios, e não pelo entrave tecnológico gerado.

Atualmente, uma solução que vem ganhando proeminência é a utilização de agentes de software como mediadores desse processo de negociação. O detalhamento dessa tecnologia será apresentado na Seção 2.2. Na próxima seção discutiremos alguns conceitos relacionados às primeiras fases do Comércio Eletrônico.

2.1.3 Soluções Relacionadas ao Comércio Eletrônico

Como visto na seção anterior, o CE engloba vários conceitos e tecnologias em suas diversas formas de implementação. A seguir apresentaremos algumas dessas tecnologias indicando suas aplicações, vantagens e desvantagens.

2.1.3.1 Business to Business (B2B)

Segundo o relatório do Departamento de Comércio dos Estados Unidos, a principal atividade econômica da Internet nos próximos anos será o comércio eletrônico entre empresas (MARGHERIO, 1998). Em 2002, a Internet movimentou cerca de 300 bilhões de dólares em *business-to-business*. Os negócios entre empresas representam mais de 95% dos valores da economia digital.

A solução de comércio eletrônico *business-to-business* visa principalmente aumentar o grau de integração entre empresas através de uma maior

flexibilidade nas transações eletrônicas com os fornecedores, aproximando parceiros comerciais e gerando maior lucratividade dos negócios.

Com a utilização desta tecnologia, as empresas podem estar integradas na cadeia de valor e os controles de estoque e fornecimento podem ser mais eficientes. Isso permite estoques menores, maiores níveis de personalização e flexibilidade para os clientes, além de preços mais baixos, ou seja, maior competitividade. O comércio eletrônico B2B significa, em última instância, ter as empresas ligadas em rede (*networked enterprises*), comunicando-se via digital com grande agilidade.

Os principais produtos de B2B do mercado são aplicações que já trabalhavam com a tecnologia EDI e novos produtos que vêm trabalhando com comércio via Internet. Empresas como a Microsoft, IBM e Netscape têm soluções completas integrando comércio eletrônico *business-to-consumer* com o *business-to-business*. As empresas que ofereciam serviços de EDI, através de redes privadas, estão começando a migrar para os serviços de Web EDI via Internet.

2.1.3.2 EDI – Eletronic Data Interchange

A tecnologia EDI (*Electronic Data Interchange* ou Intercâmbio de Documentos Eletrônicos) permite a troca eletrônica de documentos formais entre empresas, oferecendo segurança, confirmação de leitura, encriptação e outros recursos avançados.

Este serviço já existe há algum tempo, através das redes privadas, como a RENPAC no caso do Brasil. Através da EDI, empresas podem, por exemplo, trocar dados relacionados à cotação de compra de material direto com os fornecedores e clientes.

Serviços de *Web EDI* permitem que pequenas empresas usem as mesmas características do EDI tradicional, através de tradutores de formulários *Web* para o formato EDI. Basicamente, basta que uma empresa tenha um navegador capaz de rodar o protocolo seguro SSL e uma conta em um serviço de *Web EDI* para poder se comunicar no mesmo padrão.

Um dos grandes desafios do comércio *B2B* é o desenvolvimento de padrões que permitam que empresas de diferentes dimensões e setores na economia estejam cada vez mais integradas e se comunicando de forma efetiva.

2.1.3.3 E-Procurement

Outro importante conceito utilizado no comércio eletrônico B2B é o de sistemas de *e-procurement*. Estes sistemas permitem a realização de concorrência entre fornecedores via Internet, reduzindo custos e aumentando a lucratividade dos negócios. Eles ainda automatizam o processo de busca por parceiros, gerando custos menores e melhores condições de pagamento e entrega.

Aplicando o conceito de *e-procurement* é possível realizar leilões virtuais através de sites chamados de portais de concorrência ou portais de *e-procurement*. Estes portais são responsáveis por intermediar os negócios entre empresas de forma a gerar bons negócios para as partes envolvidas. Os portais de concorrência são também considerados cyber mediados (espécie de intermediários da Web) e lucram, basicamente, com porcentagens sobre as movimentações realizadas em seus sites e anúncios através de banners.

São muitas as vantagens oferecidas pelos sistemas de *e-procurement*. Este conceito é o estado-da-arte em termos de comércio eletrônico mundial. Através dos portais de concorrência, empresas de diferentes continentes podem realizar

negócios sem qualquer impecílio ou custo adicional, colocando em prática o ideal capitalista de globalização.

2.1.3.4 Business to Consumer (B2C)

As vendas no varejo de mercadorias também são uma atividade de grande importância no comércio eletrônico. Certos produtos como livros, CDs, carros, computadores, softwares e flores estão cada vez mais sendo comercializados pela Web, resultando em um grande crescimento do comércio *business-to-consumer* e atraindo muitos investidores.

O comércio eletrônico veio para proporcionar um novo meio de fazer negócios. No entanto, muitas das vantagens oferecidas por esta nova tecnologia já existiam e eram exploradas pelas empresas há algum tempo, apenas em menor escala e de outras formas. Mas, além de trazer novas possibilidades, o comércio eletrônico também aprimora antigas vantagens existentes, que já haviam conquistado seu espaço.

Dentre as principais vantagens aprimoradas pelo comércio eletrônico *business-to-consumer*, destacamos o atendimento personalizado, a melhor integração entre empresas e seus clientes, a redução de custos de estoque, maior facilidade de suporte pós-venda, além da redução de custos e do ciclo de vida para o lançamento de novos programas de marketing.

A solução B2C traz novas oportunidades com a possibilidade de se atingir um mercado global, ter um novo canal de vendas e marketing, gerar comprometimento com clientes através de comunidades virtuais e permitir que pequenas e grandes empresas possam concorrer de forma equilibrada (PEPPERS, 1994).

2.1.3.5 ERP e CRM

Para obter o máximo de controle sob seus negócios, empresas adotam novos conceitos estabelecidos pelo comércio eletrônico. As técnicas de ERP (*Enterprise Resource Planning* ou Planejamento dos Recursos da Empresa) e CRM (*Customer Relationship Management* ou Gerenciamento do Relacionamento com os Clientes) são utilizadas de forma integrada objetivando um planejamento que leva em conta os recursos que a empresa possui e como esta se relaciona com seus clientes.

O ERP, ou software integrado de gestão é um conceito orientado a transações e tem como finalidade à administração dos recursos da empresa. Os softwares de ERP fornecem módulos para o desenvolvimento de projetos, visões de negócios e informações executivas. A técnica de CRM diz respeito ao relacionamento entre a empresa e seus clientes, tendo como principal objetivo fornecer peças de marketing específicas.

Com a aplicação de soluções B2B e técnicas de ERP e CRM aos negócios, perguntas como “O que produzir?”, “Quanto produzir?” e “Para quem produzir?” (cf. Figura 1), podem ser mais facilmente respondidas.

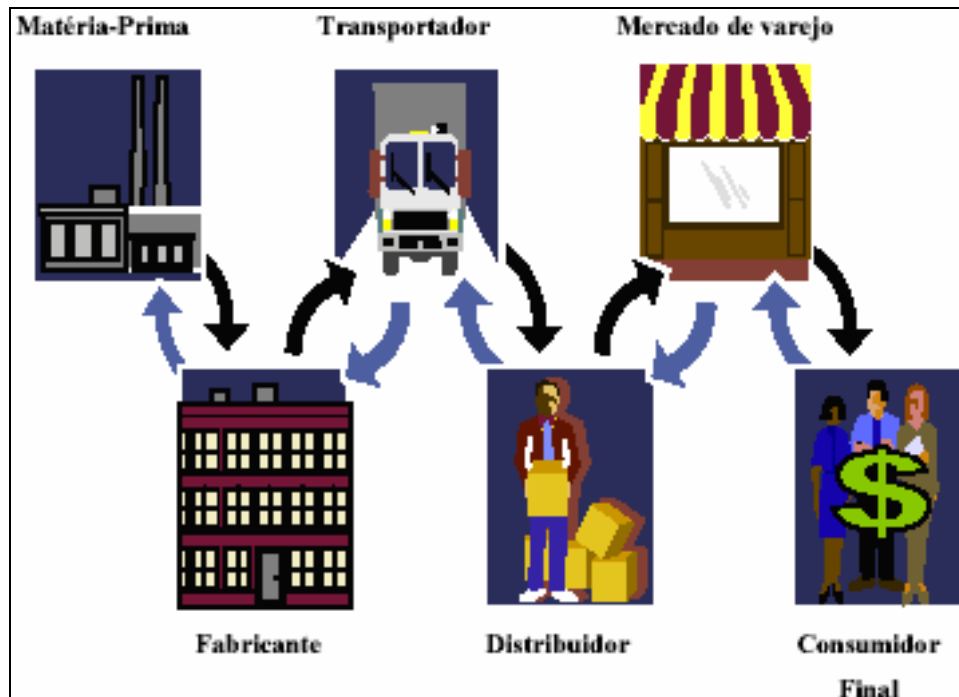


Figura 1 - Custos: O que, quanto e para quem produzir?

Estes dois conceitos estão sendo agregados nos principais softwares de *supply chain* (cadeia de suprimentos) existentes no mercado. A empresa alemã SAP é uma das maiores produtoras de soluções de ERP e CRM. A Figura 2 (SOARES, 1998) exhibe os ramos da indústria que mais investem em softwares de gestão. Dentre estes, destacam-se os setores de informática, eletrônica, produtos alimentícios e bens de consumo.

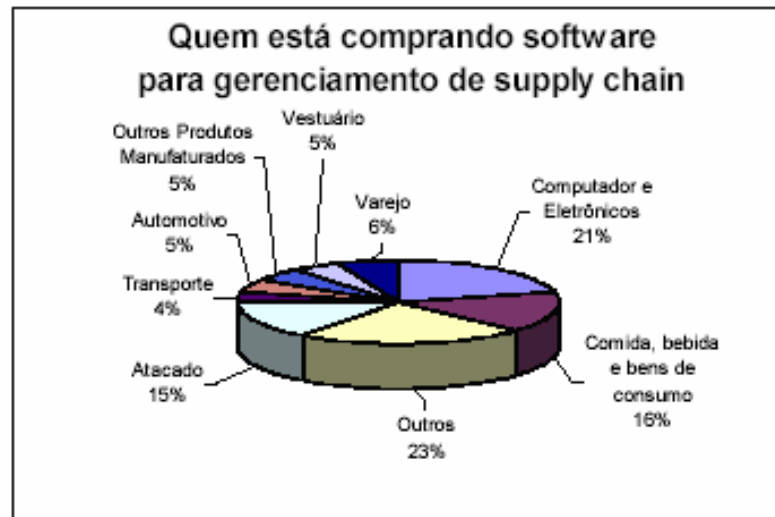


Figura 2 - Os setores que mais investem em softwares de gestão.

2.1.4 Negócio Eletrônico

O conceito de negócio eletrônico (do inglês *electronic business* ou *e-business*), expressa uma maior abrangência em relação ao CE, principalmente por não se tratar somente de compras e vendas, mas também na prestação de serviços, ao consumidor, da colaboração com os parceiros de negócio e administração de transações eletrônicas dentro de uma organização.

É a criação ou integração de processos e operações entre empresas, usando-se meios, ferramentas, sistemas ou plataformas tecnológicas permitindo, por exemplo, que empresas do mesmo setor ou de setores distintos, parceiros ou concorrentes, fornecedores ou clientes, possam comprar, vender, trocar, gerenciar e comunicar-se eletronicamente, dividindo informações e recursos com o objetivo de facilitar, maximizar e/ou intensificar transações.

À medida que as empresas perceberem, por exemplo, que ao integrarem sua cadeia de negócios (em alguns casos até o consumidor final) utilizando a

Internet como plataforma de troca de informações conseguirão consideráveis reduções de custos, prazos e ganhos de competitividade.

Inúmeros são os negócios que podem ser realizados através da Internet e a cada dia novos negócios surgem. Nesta seção são apresentadas algumas categorias existentes no e-business. Essas categorias são definidas pelo negócio a ser realizado na forma digital e não pela tecnologia a ser utilizada.

2.1.4.1 E-Auctioning

Os leilões digitais ganharam força na Internet pois na forma tradicional os leilões eram restritos a um local e a um determinado número de pessoas. Com a utilização da Internet qualquer pessoa pode participar dando seu lance. Com isso a pessoa não tem custo de locomoção para o lugar onde o leilão está sendo realizado, os lances feitos são registrados pelos leiloeiros e são finalizados em questões de segundos. Após o término do leilão, o leiloeiro envia a mercadoria a pessoa que deu o maior lance.

2.1.4.2 E-Banking

Esse tipo de serviço pode trazer comodidade para os clientes que através de um site simples podem acessar suas contas da mesma maneira que um caixa automático (ATM – Automated Teller Machine). Através do site é possível verificar saldos, extratos, realizar pagamentos, fazer transferências de conta e qualquer outra operação desejada que o banco possa oferecer. Outra vantagem neste tipo de negócio foi a redução do número de pessoas no banco (físico). No Brasil a maioria dos bancos já presta esse tipo de serviço (Bradesco, Banco do Brasil, Itaú são alguns exemplos que podem ser consultados na Internet).

2.1.4.4 E-Directories

Esta categoria de e-business é representado pelos catálogos que tem como objetivo fazer com que determinado serviço ou produto seja encontrado facilmente. As listas telefônicas ou as listas amarelas são os exemplos mais comuns encontrados.

As listas telefônicas foram disponibilizadas na Web da mesma maneira que é possível ligar no serviço de informações de uma companhia telefônica e pedir o número do telefone de uma pessoa específica. Com as listas de telefones disponíveis na Internet, os clientes tiveram um ganho, pois é muito mais fácil e rápido encontrar as informações desejadas.

2.1.4.5 E-Engineering

A Engenharia teve um ganho significativo com a Internet. Há alguns anos atrás era necessário que todos os engenheiros envolvidos em um determinado projeto ocupassem o mesmo escritório para que o projeto fosse concretizado com eficiência.

Com a Internet novas ferramentas de desenvolvimento simultâneo foram elaboradas e, a partir disso foi possível que os engenheiros mesmo não estando fisicamente no mesmo lugar, pudessem trocar informações para a realização do projeto.

Com este tipo de desenvolvimento foi possível que qualquer pessoa pudesse contribuir com parte do projeto. Houve um ganho na velocidade com que as informações são repassadas de um local para o outro, pois sem a Internet era

necessário realizar impressões dos projetos para então enviá-los a outra localidade. Com a Internet isso se torna desnecessário.

2.1.4.6 E-Franchising

As franquias são feitas utilizando determinada marca existente no mercado. A empresa franqueadora paga pela utilização da marca e com isso aproveita-se o marketing já existente sobre marca. O Boticário, o McDonald's são exemplos de empresas tradicionais em franquias.

Na Internet o ganho é devido a grandes marcas terem links para seus parceiros. Livrarias geralmente fazem isso. Colocam o seu nome com link para os seus parceiros, garantindo assim o sucesso do site.

2.1.4.7 E-Learning

O aprendizado feito pela Internet pode ser bastante útil considerando-se a velocidade com que as informações têm mudado atualmente. Como o mundo tecnológico evolui a cada dia, é necessário que haja um constante aprendizado pois o que se sabe hoje pode se tornar obsoleto amanhã.

Com a Internet o leque de informações disponíveis é enorme e isso facilita manter-se atualizado em vários assuntos bastando para isso navegar em um site de busca e digitar o assunto desejado. Existe também a possibilidade de aprender novos assuntos de maneira rápida através dos softwares que estão disponíveis na rede.

2.1.4.8 E-Marketing

O marketing foi uma das áreas que teve de ser modificado com a utilização da Internet. O marketing tradicional focava um grupo de pessoas em particular, na qual a empresa queria atingir. Como na Internet o público é diverso e existe a necessidade de tratar cada cliente de forma específica, o marketing um-a-um se tornou o novo padrão. Esse novo padrão de marketing é explicado mais detalhadamente posteriormente.

2.1.4.9 E-Gambling

Apesar de existir questões morais envolvidas neste tipo de negócios, ele tornou um dos negócios mais rentáveis na Internet. No mundo real, os jogos são considerados ilegais em alguns países e nos países em que os jogos são permitidos, os mesmos são regidos por leis. A grande vantagem obtida com a utilização do e-gambling é que qualquer pessoa – independente da sua localização geográfica - pode acessar um cassino através de um site, fazendo apostas através de um simples clicar do mouse.

Geralmente os cassinos digitais têm seu servidor localizado nos países em que o jogo é legalmente permitido, assim sendo os donos dos cassinos não têm que se preocupar com a intervenção do Estado.

2.1.4.10 E-Recruiting

Algumas empresas estão utilizando essa nova tecnologia para recrutar candidatos a determinadas vagas. O diferencial entre o recrutamento on-line e o recrutamento no mundo real é que os testes são feitos através de sites. A empresa pede que o candidato entre em determinado site em tal dia e horário pré-

estabelecido. Após a realização da prova, o desempenho do candidato é avaliado e somente depois dessa seleção os candidatos são chamados para a entrevista ou não.

Com essa nova forma de recrutamento há vantagens tanto para empresas quanto para candidatos. Para empresa por que não há necessidade de agendar horários com todos os candidatos para entrevista, não é necessário reservar salas para a aplicação da prova e nem perda de tempo em receber todos os candidatos a vaga na empresa. Para o candidato, ele tem a comodidade de não precisar se locomover até determinado local para fazer uma simples prova.

As categorias de e-business citadas são apenas alguns exemplos de negócios existentes na web, muitos outros podem ser encontrados, mas não foram exemplificados aqui. No futuro, provavelmente qualquer tipo de negócio conseguirá enxergar uma forma lucrativa de operar através da Internet.

2.1.5 Intra-Business

É a modalidade de CE que é realizada no ambiente interno das organizações. Estas atividades normalmente são executadas em *intranets* envolvendo troca de mercadorias, serviços ou informações, produtos corporativos para empregados, treinamento *on-line*, atividades de redução de custos, etc. Segundo (ALBERTIN, 2001), a finalidade deste tipo de CE é ajudar a empresa a manter relacionamentos que são críticos para entrega de valor ao cliente, sendo possível através da integração de várias funções em uma organização.

2.1.6 Conclusão

Neste capítulo foram apresentados os principais conceitos envolvidos no comércio eletrônico. É importante ter a dimensão exata do conceito dos negócios eletrônicos. Comércio eletrônico não é apenas uma tecnologia ou uma nova forma de se efetuar transações comerciais, mas uma nova metodologia de fazer negócios, incorporando antigos paradigmas e estabelecendo novos. Entretanto, apesar destas inovações o comércio pela Internet ainda não é um conceito finalizado, ele ainda pode ser melhorado.

Nos próximos capítulos descreveremos tecnologias que podem melhorar as transações comerciais efetuadas nesta modalidade de comércio e posteriormente uma junção destas tecnologias em uma solução em forma de sistema computacional.

2.2 Agentes que Tomam Decisões Racionais

Na Seção 2.1, introduzimos os conceitos básicos de Comércio Eletrônico. Neste capítulo, apresentaremos algumas técnicas relacionadas à tomada de decisões racionais por agentes com interesses próprios em uma visão voltada para o Comércio Eletrônico.

2.2.1 Comércio Eletrônico Mediado por Agentes

Conforme (Jennings, 1998), atualmente as atividades no Comércio Eletrônico são quase sempre baseadas em interações humanas. As pessoas decidem quando e quanto comprar, quanto estão dispostas a pagar, e assim por diante. Mais efetivamente, essas tarefas podem ser executadas por agentes.

Os avanços no CE e na Tecnologia de Agentes vem empurrando o mundo para uma contínua e crescente automação dos processos de e-business. Para (HANSON, 2001) a evolução natural desse movimento é o Comércio Eletrônico Baseado em Agentes, onde essas entidades interagem autonomamente ou (semi autonomamente) em favor de empresas ou pessoas comprando e vendendo informações, bens e serviços on-line através de ambientes virtuais de negociação.

Essa visão é compatível com a proposta da terceira fase histórica do comércio eletrônico (cf seção 2.1.2) que almeja principalmente permitir interações automáticas nos negócios em um ambiente flexível com a tecnologia não sendo mais um obstáculo na troca de fornecedores ou clientes. Relacionamentos de longo prazo continuarão exercendo um papel importante, mas agora eles persistirão por opção dos parceiros de negócios, e não pelo entrave tecnológico gerado. A seguir apresentaremos como esses agentes interagem para intermediar esses processos de negociação.

2.2.2 Sistemas Multiagentes e Agentes com Interesses Próprios

Muito se fala em como implementar um agente de software, como ele deve ser, e como deveria ser a sua estrutura interna. Entretanto ainda é escassa a bibliografia tangente aos temas relacionados a sociedades de agentes ou sistemas multiagentes, isto é, como colocar esses agentes em contato.

Em (Jennings, 2000), o autor ilustra a estrutura típica de um sistema multiagentes conforme demonstrado na Figura 3. O sistema possui uma determinada quantidade de agentes, que interagem uns com os outros. Os agentes podem interagir em um ambiente; sendo que agentes diferentes têm “esferas de influência diferentes”. Considerando ainda, que eles podem ter controle sobre (ou

pelo menos podem influenciar) diferentes partes do ambiente. Essas esferas de influencia podem coincidir e aumentar as relações de dependência entre os agentes.

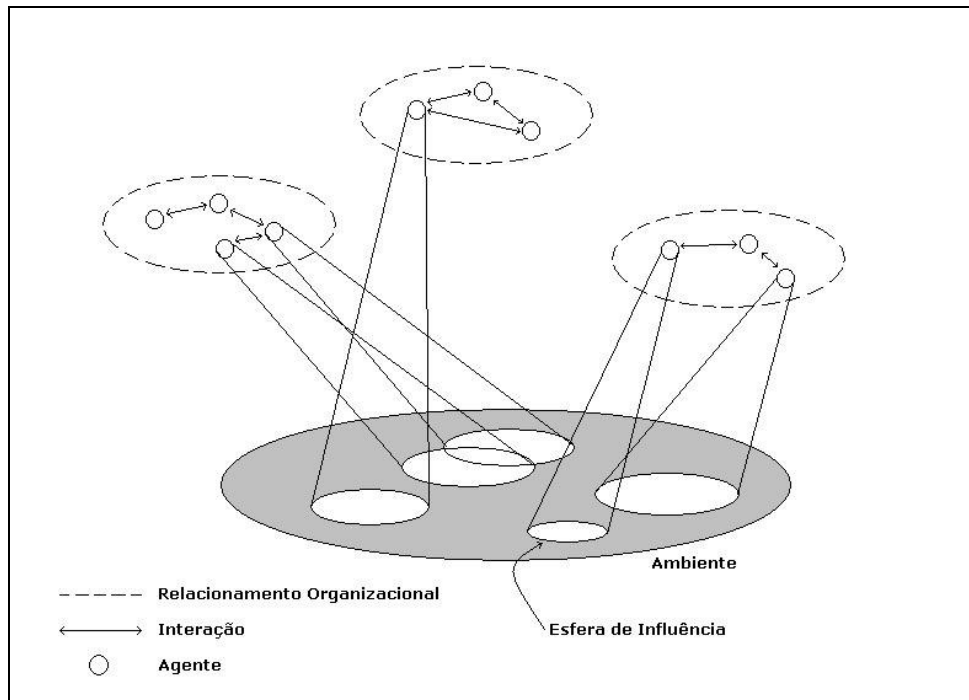


Figura 3 - Estrutura Típica de um sistema multiagentes

Uma consideração muito importante sobre sistemas multiagentes é que em face de uma aplicação que aparenta ser de domínio multiagentes, é importante compreender o tipo de interação entre esses agentes. Para um entendimento melhor considere os conceitos que seguem:

2.2.2.1 Utilidade e Preferência

Os agentes, por definição, são entidades com objetivos e preferências. Teoristas dos Jogos, como economistas e filósofos que estudam tomadas de decisões racionais, descrevem isto por meio de um conceito abstrato chamado de *utility* (utilidade). Isto se refere à quantidade de satisfação que um agente deriva a

partir de um objeto ou evento. Por exemplo, adora o gosto de picles pode associar alta utilidade a ele, enquanto outro agente pode atribuir um nível de utilidade menor.

Sem dúvida, a maneira mais simples de pensar sobre utilidades é imaginando-a como dinheiro; quanto mais dinheiro melhor. Entretanto, resistindo à tentação de restringir a abstração do conceito de utilidade a apenas dinheiro. Funções de utilidade podem então ser definidas como uma forma de representar as preferências de um agente. Portanto, não se resumem apenas a dinheiro.

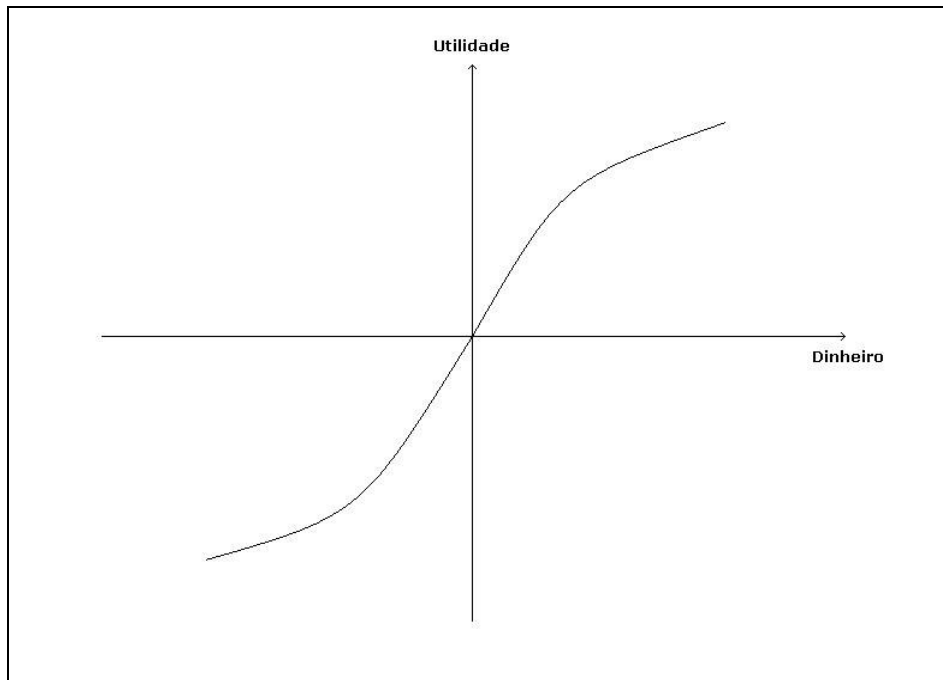


Figura 4 - Relacionamento entre dinheiro e utilidade

Para ilustrar esse conceito, suponhamos que alguém tenha R\$ 500 milhões no banco, enquanto um outro indivíduo não tem nada. Um doador rico oferece um milhão de reais, que ele generosamente deseja doar a um dos dois. Se o doador der o dinheiro para o primeiro, em quanto ele vai melhorar a sua situação em termos de utilidade? Bem, ele possui agora mais dinheiro e com certeza terá algum ganho de utilidade. Mas não são muitas as coisas que se pode fazer com R\$ 501

milhões e que não se possa fazer com R\$ 500 milhões. Por outro lado, se o doador der o dinheiro para o segundo indivíduo, o crescimento de sua utilidade será enorme. Ele deixará de não ter dinheiro para se tornar um milionário. O que é uma grande diferença.

Formalizando esse conceito, primeiramente, é importante delimitar o domínio do raciocínio para facilitar o entendimento, inicialmente são considerados apenas dois agentes; pois há uma tendência de complicação quando se utiliza mais de dois. Respectivamente os chamaremos de agentes i e j . Cada um desses agentes tem interesses próprios (*self-interested*). Ou seja, cada um deles tem suas próprias preferências e desejos sobre como o mundo deve ser. Por enquanto, não são consideradas as proveniências dessas preferências; apenas assume-se que são preferências do usuário ou proprietário do agente. Posteriormente, assume-se a existência de um conjunto $P = [r_1, r_2, \dots, r_n]$ de “resultados” ou “estados” sobre o qual os agentes tem preferências. Para concretização deste contexto, o imaginemos como resultados de um jogo entre dois agentes.

Formalmente são capturadas as preferências dos dois agentes em termos de funções de utilidade, uma para cada agente, que associa a cada resultado um número real, indicando o quanto que uma solução é boa para ele. E quanto maior for o número, melhor é para o agente do ponto de vista de sua função de utilidade. Portanto as preferências do agente i serão capturadas pela função:

$$u_i : P \rightarrow R$$

e as preferências do agente j serão capturadas pela função:

$$u_j : P \rightarrow R$$

Não é difícil perceber que essas funções de utilidade referem-se à ordenação de preferências sobre os resultados. Por exemplo, se r e r' são resultados possíveis em P , e $u_i(r) \geq u_i(r')$, então o agente i prefere o resultado r ao resultado r' . É possível utilizar uma notação mais simples para capturar essa ordenação de preferências. Então escrevemos $r \succeq_i r'$ como abreviação de $u_i(r) \geq u_i(r')$.

Similarmente, se $u_i(r) > u_i(r')$, então o resultado r é estritamente preferido pelo agente i em relação a r' . Neste caso, escreveremos $r \succ_i r'$ como abreviação de $u_i(r) > u_i(r')$. Em outras palavras, $r \succ_i r'$ se e somente se $u_i(r) \geq u_i(r')$ e não $u_i(r) = u_i(r')$.

É possível visualizar que a relação \succeq_i realmente é uma classificação, sobre R e que tem as seguintes propriedades:

Reflexibilidade: para todo $r \in R$, temos $r \succeq_i r$.

Transitividade: se $r \succeq_i r'$ e $r' \succeq_i r''$, então $r \succeq_i r''$.

Comparabilidade: para todo $r \in R$ e $r' \in R$ teremos $r \succeq_i r'$ ou $r' \succeq_i r$.

A relação de preferência estrita vai satisfazer a segunda e a terceira propriedade, entretanto não será reflexiva.

2.2.2.2 Encontros Multiagentes

Junto ao modelo de preferências dos agentes, é necessário introduzir um modelo do ambiente no qual estes agentes irão interagir. A idéia é que esses dois agentes vão escolher simultaneamente uma ação para executar no ambiente, e como resultado dessas ações que eles selecionaram, um resultado em R vai surgir. O resultado atual vai depender da combinação particular das ações executadas. Portanto, ambos os agentes têm influencia no resultado. Será assumido também, que os agentes não têm escolha em relação a executar uma ação – eles devem

simplesmente escolher e executar uma. Mais adiante será assumido que os agentes não podem conhecer as ações executadas pelos outros agentes.

Para facilitar a análise, assume-se que cada agente tem apenas duas ações possíveis para executar. A qual se chamará “*C*”, para “cooperação”, e “*D*”, “desertar” (A racionalidade desta terminologia será esclarecida posteriormente). Consideremos $A_c = \{C, D\}$ seja o conjunto dessas ações. A forma que ambiente comporta-se é determinado pela função:

$$T: A_c \times A_c \rightarrow R$$

Em outras palavras, um resultado será selecionado a partir das ações (*C* e *D*) escolhidas pelo agente *i* e *j*.

2.2.3 Projeto de Mecanismos

Em teoria dos jogos existe uma área de pesquisa chamada *mechanism design* (projeto de mecanismos), que explora os mecanismos de interações entre agentes. Segundo (Sandholm, 1996) o objetivo é gerar protocolos que os agentes possam utilizar, de acordo com algum critério de estabilidade – isto é, estratégias dominantes (Muller et al, 1985, Fudenberg et al, 1991, Kreps, 1990, Rasmusen, 1989), equilíbrio de Nash ou seus refinamentos (Maskin, 1985, Postlewaite, 1985, Fudenberg et al, 1991, Kreps, 1990, Rasmusen, 1989), ou outros (Myerson, 1985, Fudenberg et al, 1991, Kreps, 1990, Rasmusen 1989) resultados sociais desejáveis. A abordagem é normativa e as estratégias locais não são escolhidas externamente para os agentes, pelo contrário, cada agente utiliza a estratégia que é melhor para ele mesmo conforme o protocolo escolhido.

Para Wurman (2000), um mecanismo especifica o procedimento pelo qual os agentes podem realizar uma solução. Em termos de teoria dos jogos, um mecanismo define as regras do jogo. Essas regras especificam o espaço amostral das estratégias de todos os agentes bem como, cada investimento dos mesmos.

Nesta seção discutiremos negociações multiagentes em situações onde eles podem ter diferentes objetivos, e cada um deles está tentando maximizar seus ganhos próprios sem preocupar-se com o bem global. Nesse caso, o uso de agentes com interesses próprios naturalmente prevalece em negociações entre empresas ou mesmo entre pessoas. Em sistemas multiagentes, os agentes são providos com um protocolo de interação e cada agente vai escolher a sua própria estratégia, que será a que for melhor para ele mesmo. Posteriormente, o protocolo deve ser projetado sob uma perspectiva estratégica, não cooperativa. Esta abordagem é importante para projetar sistemas multiagentes robustos e não manipuláveis onde os agentes possam ser desenvolvidos ou representar partes diferentes de uma negociação.

2.2.4 Critérios de Avaliação

Em (Sandholm, 1999), o autor afirma que os protocolos de negociação – ou seja, mecanismos – podem ser avaliados segundo muitos tipos de critérios, como listado a seguir. A escolha do protocolo vai depender de quais propriedades o projetista do protocolo deseja para seu sistema. Estão incluídos nesses critérios: *bem estar social, eficiência de Pareto, racionalidade individual, estabilidade, eficiência computacional e a eficiência de comunicação e distribuição.*

2.2.4.1 Bem Estar Social

O bem estar social é a soma dos investimentos ou utilidades de um agente em uma determinada solução. Ele pode ser utilizado como critério de comparação entre mecanismos alternativos comparando as soluções encontradas pelos mecanismos (Andreu, 1995).

2.2.4.2 Eficiência de Pareto

Eficiência de Pareto é outro critério de avaliação de soluções que leva em consideração uma perspectiva global. De novo, mecanismos alternativos podem ser avaliados comparando as soluções que os mesmos encontram. Uma solução x é Pareto eficiente – isto é, Pareto ótima – se não existir outra solução x' onde pelo menos um agente é melhor em x' que em x e nenhum agente seja pior em x' que em x . Então a eficiência de Pareto mede o bem estar global, e não necessita de comparações das utilidades dos agentes.

As soluções de maximização de bem estar social são um subconjunto da eficiência de Pareto. Levando em consideração que as somas dos gastos está maximizada. Os gastos de uma agente só podem aumentar se os gastos de um outro agente diminuir.

2.2.4.3 Racionalidade Individual

A participação em uma negociação é individualmente racional para um agente se os ganhos dele na solução negociada não forem menores que os ganhos que ele poderia ter não participando da negociação. Um mecanismo é individualmente racional se a participação nele for individualmente racional para todos os agentes. Somente mecanismos individualmente racionais são viáveis: se a

solução negociada não é individualmente racional para algum agente, ele não deverá participar desta negociação, pois tem interesses próprios.

2.2.4.4 Estabilidade

Entre agentes com interesses próprios os mecanismos devem ser projetados para serem estáveis (não manipuláveis). Isto é, eles devem ser motivados a agir da maneira desejada. Isto ocorre por que se um agente com interesses próprios é melhor agindo de uma maneira diferente da desejada ele vai agir dessa forma.

É possível projetar mecanismos com *estratégias dominantes*. Ou seja, um agente é melhor usando uma estratégia específica não importando a estratégia que os outros agentes usem.

Entretanto, freqüentemente a melhor estratégia para um agente depende de quais estratégias os outros agentes escolhem. Nesses conjuntos, estratégias dominantes não existem, e outros critérios de estabilidade se fazem necessários. O critério mais básico é o Equilíbrio de Nash (Nash, 1950). O perfil das estratégias $S_A = \{S_1, S_2, \dots, S_{|A|}\}$ entre os agentes de um conjunto A está em equilíbrio para Nash se para cada agente i , S_i é a melhor estratégia do agente – isto é, a melhor resposta – dada às estratégias $\{S_1, S_2, \dots, S_{i-1}, S_{i+1}, \dots, S_{|A|}\}$ escolhidas pelos outros agentes. Em outras palavras, no equilíbrio de Nash, cada agente escolhe a estratégia que é a melhor resposta para as estratégias dos outros agentes.

2.2.4.5 Eficiência Computacional

Os mecanismos devem ser projetados para que quando eles sejam utilizados pelos agentes, eles tenham o menor custo computacional possível. Para

analisarmos os custos computacionais associados a um mecanismo, devemos quantificar a complexidade computacional para os agentes participantes, o tamanho e o número de mensagens, e o número de interações (Wurman, 2000).

2.2.4.6 Eficiência de Comunicação e Distribuição

Para alcançar a eficiência de comunicação e distribuição em um sistema multiagentes é preferencial a utilização de protocolos distribuídos, ou seja, o sistema não deve ter um único ponto de controle de distribuição, com isso evita-se que o sistema tenha apenas um ponto de falha e gargalos de performance – entre outras razões. Paralelo a isso também é desejável a diminuição da quantidade de recursos de comunicação necessários para alcançar uma solução global desejada. Em alguns casos esses dois objetivos conflitam.

2.2.5 Protocolos de Negociação

Conforme denotado anteriormente, projeto de mecanismos (*mechanism design*) é o desenvolvimento de protocolos de gerenciamento das interações entre agentes (ele governa as interações multiagentes). Distingue-se a votação, redes de contrato leilões, etc.

2.2.5.1 Votação

Em uma votação (escolha social), todos os componentes da sociedade alimentam um mecanismo com dados, sendo os resultados obtidos desse processamento uma solução válida para todos os agentes. Em muitos casos, este resultado é imposto, portanto, todos os agentes têm que acatar a solução prescrita pelo mecanismo.

O objetivo clássico da votação é derivar uma regra de escolha social classificando os resultados sociais possíveis baseando-se nas classificações individuais que cada agente faz desses resultados.

2.2.5.2 Redes de Contrato

É um protocolo de negociação entre agentes para solução de problemas cooperativos, ou seja, o protocolo inicial não se aplica a agentes com interesses próprios. Em pesquisas mais recentes foram apresentadas propostas adaptações e melhorias no protocolo afim de torná-lo mais eficiente (Sandholm, 1997).

O novo modelo baseia-se no cálculo do custo marginal e invoca o conceito de racionalidade individual. Um contrato é individualmente racional para um agente se for melhor para ele aceitar o contrato do que não. Especificamente, um contratado aceita um contrato se ele pagar mais que seu custo marginal adicionado, e um contratante aloca as tarefas se ele tem de pagar menos que seu custo marginal removido.

2.2.5.3 Leilões

Cotidianamente, os leilões são um protocolo de negociação de uso raro; esporadicamente, alguém fala sobre somas astronômicas pagas por uma pintura feita por Monet ou Van Gogh, mas na maioria nada mais que isto. A Internet e a *web* fundamentalmente transformaram este cenário. Isto se deu pelo fato da possibilidade de leilões com audiência global, e com um custo muito baixo.

Outro motivo dos leilões se tornarem populares na Internet é o fato de eles serem um cenário de negociação bem simples e facilmente analisável. Existem várias aplicações práticas deles em ciência da computação. Além disso, vários *sites*

de compra e venda de itens implementam protocolos de leilão. Apesar de sua simplicidade, apresentam uma coleção riquíssima em problemáticas a serem pesquisadas, e eles também são uma ferramenta extremamente poderosa a qual os agentes podem utilizar para alocação de bens, tarefas e recursos.

Abstratamente, um leilão se dá entre um agente conhecido como *leiloeiro* e uma coleção de agentes chamados *arrematadores*, que são os possíveis compradores, os que vão arrematar o item leilado.

Existem algumas possíveis variações deste protocolo de negociação como as que seguem relacionadas abaixo:

O leilão inglês é o tipo de leilão mais comum. Ele é aberto, e de preço ascendente (*first-price, open-cry, ascending*); e se dá da seguinte forma:

O leilão inglês se inicia com o leiloeiro sugerindo um preço de reserva pelo bem (o qual pode ser 0) – se nenhum agente está aceitando o preço inicial, então o item é alocado para o leiloeiro por este preço;

Os lances são então feitos pelos agentes, que devem oferecer mais que a mais alta oferta atual – todos os agentes podem ver todos os lances feitos, e então participar se assim o desejarem;

Se nenhum agente desejar elevar a proposta atual, então o item é alocado para o agente que fez o maior lance, e o preço pago pelo item é o mesmo valor de seu lance.

Para a maioria dos autores, e é também o que nos parece mais lógico, a estratégia dominante para um agente é fazer lances sucessivos com valores pouco maiores que o lance atual até que o preço alcance a sua avaliação própria do item.

No caso do leilão holandês, que é do tipo aberto e de preço descendente (*open-cry descending*):

O leiloeiro inicia a negociação oferecendo o item por um preço bem acima das valorações possíveis para os agentes;

O leiloeiro então, diminui o preço continuamente, até que um agente faça uma oferta pelo item que deve ser igual ao preço atual;

Então o item é alocado ao agente que fez a oferta.

Não existe estratégia dominante para o leilão holandês.

Talvez o leilão mais simples é os do tipo *first-price sealed-bid*. Neste caso a negociação se dá em apenas uma rodada, na qual cada um dos arrematadores submete uma única oferta para o leiloeiro. Não existem rodadas seguintes e o item é alocado para o agente que fez a maior oferta. O vencedor paga o preço da maior oferta.

O leilão Vickrey é o tipo mais incomum e talvez o menos intuitivo de todos. Leilões Vickrey são *second-price sealed-bid*. Isto significa que ele possui apenas uma rodada de negociação, na qual cada arrematador faz uma única oferta. Os agentes não podem ver as ofertas feitas pelos outros negociantes. O item é alocado para o agente que fizer a maior oferta; entretanto, o preço a pagar não é o mesmo valor da maior proposta e sim o da segunda maior.

2.2.6 Processo de Negociação

Leilões são técnicas muito úteis para alocação de recursos. Entretanto, em alguns casos eles se tornam muito simples, pois se preocupam apenas com o problema da alocação de recursos. Para casos mais gerais, onde os agentes

necessitam negociar sobre problemas de interesse mutuo, são requeridas técnicas mais elaboradas para obtenção acordos. *Negociação* é o nome genérico dado a essas técnicas. Nesta seção, serão consideradas algumas técnicas de negociação, que têm sido propostas para uso de agentes artificiais, nós focaremos no trabalho de (Rosenschein et al., 1994). Uma das suas maiores contribuições foi a distinção entre diferentes domínios de negociação. Em particular, eles distinguem entre domínios orientados a tarefas (*task-oriented domains*) e domínios orientados a valor (*worth-oriented domains*).

Antes de definirmos esses conceitos, é importante discorrer um pouco sobre técnicas de negociação em geral. Geralmente, qualquer ajuste de negociação terá quatro componentes diferentes:

Um conjunto de negociação, que representa o espaço de propostas possíveis que o agente pode fazer;

Um protocolo, que define a legalidade das propostas feitas pelos agentes, com uma função de histórico ocorrido;

Uma coleção de estratégias, uma para cada agente, que determina que propostas o agente vai fazer. Frequentemente, a estratégia do agente é privada. O fato de que um agente utiliza um estratégia particular não é geralmente visível para outros participantes da negociação (entretanto muitos conjuntos são abertos, no sentido de que a proposta atual é vista por todos os participantes;

Uma regra que determina quando um acordo é alcançado, e o que este acordo de negociação significa.

Usualmente, uma negociação é feita em séries de períodos, com todos os agentes fazendo uma proposta em todos os períodos. As propostas dos agentes são

definidas por suas estratégias, que podem modificar segundo o conjunto da negociação, e que pode ou não ser válida, conforme determinado pelo protocolo. Se um acordo é alcançado, como definido pela regra de acordo, então a negociação termina com o acordo de negociação. Estes quatro parâmetros levam a um ambiente de análise extremamente rico e complexo.

Além disso, existem atributos que pode complicar a negociação. No caso da utilização de *aspectos múltiplos* para avaliar a utilidade de um item faz crescer exponencialmente a complexidade de um contexto de negociação. Como um exemplo de cenário para negociação de *aspecto único* pode-se considerar um ambiente onde dois agentes estão negociando apenas sobre o preço de um item específico colocado à venda. Um cenário de negociação com aspectos múltiplos é quando estes mesmos agentes negociam também sobre qualidade do item, prazo de entrega, forma de pagamento, etc.

Uma outra fonte de complexidade nas negociações é a quantidade de agentes envolvidos no processo, e a forma que estes agentes interagem. Existem três possibilidades óbvias:

Negociação Um para Um: Neste caso um agente negocia apenas com um outro agente. Como exemplo, podemos considerar a negociação pelo preço de um carro com um vendedor.

Negociação Um para Muitos: Nesta configuração, um único agente negocia em paralelo com uma certa quantidade de outros agentes. Leilões são exemplos deste tipo de processo.

Negociação Muitos para Muitos: Aqui muitos agentes negociam com muitos agentes. No pior caso, poderia ter $n(n - 1)/2$ processos de negociação

paralelos (onde n é o número de agentes envolvidos na negociação). Certamente, o que claramente tornaria a negociação difícil de se manipular.

Por esta razão, o foco maior da automação dos processos de negociação tem se centrado em configurações mais simples. Aspectos únicos, interesses simétricos e negociações um para um são mais comumente analisados. E por isso serão utilizados com a finalidade de facilitação do entendimento.

2.2.6.1 Negociação Orientada a Tarefas

O primeiro tipo de domínio de negociação proposto por Rosenschein e Zlotkin (1994), define parâmetros de negociação quando os agentes negociam a distribuição de um conjunto de tarefas comuns, com a finalidade de economia. Em suma, os agentes redistribuem tarefas entre si, cujos resultados sejam benéficos para todas as partes e, potencialmente melhores do que apenas executar suas próprias tarefas.

O critério de aceitação de um determinado negócio é baseado na *utilidade* dele para o agente. Ou seja, o agente aceita participar se os resultados forem interessantes para ele. O agente utiliza a *racionalidade individual* como critério de decisão sobre a participação ou não em um negócio.

2.2.6.2 Negociação Orientada a Valor

Na seção anterior, apresentamos os domínios orientados a tarefas. Nestes domínios de negociação, as tarefas são definidas em conjuntos e associadas a um custo. O objetivo do agente é minimizar o custo geral de execução destas tarefas. Intuitivamente, isto corresponde à idéia de dizer a um agente o que fazer informando a ele uma coleção de programas que ele pode executar. Nesta seção

falaremos sobre um tipo mais geral de domínio também proposto por Rosenschein e Zlotkin (1994), no qual os objetivos de um agente são especificados pela definição de uma função *valor* para os possíveis estados do ambiente. Ou seja, o que o agente almeja é, implicitamente alcançar o estado do ambiente com maior valor.

Neste domínio, os agentes negociam por *planos comuns*. Os planos são ditos comuns porque a execução de um pode requerer mais de um agente. Esses planos transformam um estado do ambiente em outro. O alcance de um acordo não envolve negociações sobre distribuições de tarefas entre agentes, como no domínio orientado a tarefas, mas sobre coleções de planos comuns. Isto é, o interesse do agente é fazer acordo sobre o plano que resulte no estado do ambiente com maior valor.

2.2.7 Conclusão

Desconsiderando suas vantagens óbvias, existe uma grande quantidade de problemas associados ao uso de teoria dos jogos aplicada a problemas de negociação.

A teoria dos jogos assume que é possível caracterizar as preferências de um agente com respeito a resultados possíveis. Os humanos, entretanto, consideram extremamente difícil definir consistentemente suas preferências sobre resultados – geralmente, as preferências humanas não podem ser caracterizadas apenas por uma simples ordenação sobre resultados, considerando apenas utilidades numéricas (Russel et al., 1995). Em cenários onde as preferências são óbvias (como no caso de uma pessoa que quer comprar um CD e deseja minimizar seus custos), técnicas da teoria dos jogos podem trabalhar melhor. Em casos com preferências mais complexas (com vários aspectos), torna-se difícil seu uso.

A maioria das técnicas de negociação em teoria dos jogos tendem a assumir a disponibilidade de recursos computacionais ilimitados para encontrar uma solução ótima. (Como exemplo, temos a determinação do vencedor em leilões combinatórios.) Nestes casos, aproximações das soluções utilizadas em teoria dos jogos podem ser mais apropriadas.

2.3 Ontologias

Neste capítulo, fazemos uma revisão das tecnologias e definições de Ontologias. Discutiremos problemas, soluções e tendências nessa área, principalmente ao que se relaciona ao uso de ontologias no Comércio Eletrônico. Com este capítulo, visamos justificar a escolha do modelo de compartilhamento do protocolo de negociação que utilizamos no Sistema de Negociação, que será detalhado no Capítulo 4.

2.3.1 Conceitos Básicos

A inteligência artificial desenvolveu as ontologias para facilitar o compartilhamento e o reuso de conhecimento. Desde o início dos anos noventa as ontologias vêm se tornando um tópico de pesquisa popular e bastante estudado por várias comunidades, incluindo Engenharia do Conhecimento, *Web Semântica*, processamento de linguagem natural e representação do conhecimento. Recentemente, a noção de ontologia vem se tornando comum em campos integração inteligente de informações, sistemas cooperativos de informações, recuperação de informações, comércio eletrônico e gestão do conhecimento. A razão da popularização das ontologias está relacionada, ao quê elas prometem: um entendimento comum e compartilhado de algum domínio que pode ser comunicado

entre pessoas e sistemas de aplicação. Pelo fato das ontologias almejarem um domínio do conhecimento consensual, o desenvolvimento delas é muitas vezes um processo cooperativo envolvendo pessoas diferentes, e possivelmente em locais diferentes.

Filósofos e engenheiros de software têm pontos de vista diferentes sobre ontologias. Em (Guarino, 1998) é apresentada a diferença entre ontologia no sentido filosófico e na maneira como o termo é usado pela comunidade de Inteligência Artificial. Para a engenharia de software, ontologia descreve uma certa realidade com um vocabulário específico, usando um conjunto de premissas de acordo com o sentido intencional das palavras do vocabulário. No sentido filosófico, ontologia é um sistema específico de categorias que reflete uma visão específica do mundo. Gruber (1992) define uma ontologia como uma especificação explícita de uma conceituação. Guarino (1998) revê e amplia esta definição: uma ontologia é uma teoria lógica que corresponde ao significado intencional de um vocabulário formal, ou seja, um comprometimento ontológico com uma conceituação específica do mundo. Os modelos intencionais de uma linguagem lógica usando este vocabulário são controlados por seu comprometimento ontológico. Este comprometimento e a conceituação subentendida são refletidos na ontologia pela aproximação desses modelos intencionais.

Desta forma, podemos dizer que para o engenheiro de software existem diversas ontologias, enquanto que para o filósofo existe apenas uma, a Ontologia, com letra maiúscula. Para resolver esta questão, Smith (1998) sugere uma distinção terminológica entre uma ontologia baseada na realidade (ontologia-R) e uma ontologia epistemológica (ontologia-E). Ontologia-R é uma teoria que explica como o

universo é organizado e corresponde ao mundo dos filósofos. Uma ontologia-E serve aos propósitos dos engenheiros de software e pode ser definida como uma teoria que explica como um indivíduo, grupo, linguagem ou ciência entende um determinado domínio.

A seguir trataremos de como as ontologias podem ser úteis na solução de problemas comuns da Internet bem como na estruturação de dados trafegantes por ela. Também apresentaremos algumas pesquisas recentes que utilizam ontologias como solução para problemas semânticos dos dados.

2.3.2 Web Semântica

A World Wide Web (WWW) tem mudado drasticamente a disponibilidade da informação eletrônica disponível. Atualmente, a WWW possui cerca de 500 milhões de documentos estáticos, os quais são usados internacionalmente por mais de 300 milhões de usuários, e este número está crescendo de forma astronômica. Em 1990, a WWW iniciou com um pequeno número de documentos como uma solução doméstica para aproximadamente mil usuários. Em 2002, o comitê de padronização da WWW (chamado W3C (W3C, 2003)) supunha que existiam por volta de um bilhão de usuários *web* e um número imensamente maior de documentos disponíveis. De qualquer modo, este sucesso e crescimento exponencial tem tornado extremamente difícil tarefas como encontrar, acessar, apresentar, e manter as informações requeridas por uma grande variedade de usuários pelo fato de as informações contidas serem apresentadas, em sua maioria, em linguagem natural. Desta maneira, existe uma enorme lacuna entre a informação disponível para ferramentas que tentam direcionar os problemas acima citados e a informação mantida em forma lida pelo homem.

Pesquisando e apresentando informação: Até agora, achar a parte certa da informação é uma tarefa árdua. Pesquisas são imprecisas, freqüentemente retornando milhares de páginas. Além disso, usuários se deparam com a tarefa de lerem os documentos retornados para poderem extrair a informação desejada. Um problema relatado é que a manutenção das fontes *web* que tem se tornado muito difícil. A sobrecarga aos usuários na manutenção da consistência é decisiva. Isto resultou em um vasto número de sites contendo inconsistências e/ou informações contraditórias.

Comércio eletrônico: A automatização do comércio eletrônico está seriamente atrasada pela maneira na qual a informação está atualmente disposta na *web*. Agentes de compras utilizam heurísticas para extrair informações de textuais documentos fracamente estruturados. De qualquer maneira, os custos do desenvolvimento e da manutenção são altos e os serviços providos limitados.

Em resposta a este problema, várias novas iniciativas de pesquisa e empresas comerciais, tem sido ajustadas para enriquecerem as informações disponíveis com semânticas processadas por máquinas. Tal apoio é essencial para “levar a *web* a seu potencial máximo”. Tim Berners-Lee, Diretor do Consórcio World Wide Web, se referiu ao futuro da WWW como a “*rede semântica*” – uma rede de informações lidas por máquinas e serviços automatizados que vão além das capacidades atuais (Berners-Lee et al., 2001), (Fensel et al, 2001). A representação explícita dos dados, programas, páginas e outras fontes *web*, implícitos na semântica, irá viabilizar uma *web* baseada em conhecimento que fornece um novo nível qualitativo de serviço. Serviços automatizados irão melhorar em sua capacidade de ajudar humanos em alcançar seus objetivos através de um maior

“entendimento” do conteúdo na web e desta maneira prover uma filtragem mais precisa, categorização, e pesquisa de fontes de informação. Este processo por fim levará a um sistema extremamente inteligente com vários serviços de raciocínio especializados que irão nos apoiar em praticamente todos os aspectos de nossa vida diária – fazendo do acesso à informação tão perspicaz, e necessário, quanto o acesso à eletricidade é hoje.

Um habilitador chave para a rede semântica é o apoio ontológico on-line a dados, informações e troca de conhecimentos. Devido ao crescimento exponencial da informação disponível on-line, o processamento automático se torna obrigatório para que ela se mantenha gerenciável e acessível. Usadas para descrever estruturas e semânticas de trocas de informações. As *Ontologias* exercerão um papel chave em áreas como, gerenciamento de conhecimento, comércio eletrônico B2B e em outras iniciativas eletrônicas em desenvolvimento (Fensel, 2001).

2.3.3 Tecnologias Relacionadas

Soluções já propostas como o RDF (*Resource Description Framework*) Schema são bastante simples quando comparado a linguagens de representação de conhecimento completas. Portanto são requeridas linguagens mais ricas para representar mais precisamente o significado dos dados. O OIL (*Ontology Interface Layer*) (Fensel et al., 2001) é esta linguagem melhorada. O OIL é o resultado de uma iniciativa de integrar primitivas de modelagem intuitivas, linguagens voltadas para a *Web* e formalismos semânticos em uma linguagem. Segundo (Omenayenko, 2002), um de seus dialetos, conhecido como DAML+OIL reflete um amplo consenso de modelagem de primitivas para a *Web Semântica* e deverá ser o ponto de partida para a padronização pelo W3C (cf. W3C, 2003). Tanto o OIL quanto o DAML+OIL

são definidos como extensões do RDFS, o que faz deles uma grande extensão compatível com o RDFS simples (Broekstra et al., 2000). Os principais acréscimos feitos ao RDFS por estas tecnologias são: uma semântica formal baseada na Lógica Descritiva (Alexaki et al., 2001), e primitivas de modelagem mais avançadas como expressões booleanas e alguns axiomas.

Extensões futuras para estas linguagens devem considerar, por exemplo: linguagens de consulta e inferência, bem como um motor de processamento para dados semi-estruturados (RDF e DAML/OIL).

2.3.4 Aplicações

Com os conceitos apresentados nas seções anteriores, podemos, portanto delinear algumas áreas de aplicação das ontologias e suas tecnologias relacionadas. As ontologias podem ser utilizadas para qualquer tipo de aplicação que requeira manutenção de conhecimento nesse sentido podemos enumerar:

Engenharia do Conhecimento;

Processamento de Linguagem Natural;

Representação do Conhecimento;

Integração Inteligente de Informações;

Sistemas de Informação Cooperativos;

Recuperação de Informação;

Comércio Eletrônico; e

Gestão do Conhecimento.

Dentre estes destacamos a gestão do conhecimento e o comércio eletrônico (objeto deste trabalho) são exemplos interessantes da aplicação de ontologias.

2.3.4.1 Gestão do Conhecimento

É uma área que se concentra na obtenção, manutenção e acesso do conhecimento de uma organização, com o objetivo de explorar fontes intelectuais para aumentar a produtividade.

Com o impacto da Internet e da globalização, muitas empresas se inseriram no mundo virtual. Surgiram muitos sistemas de controle de documentos on-line. Esses sistemas têm fraquezas como:

A pesquisa da informação: essas pesquisas são feitas baseadas em palavras-chave, os sistemas recuperam muita informação irrelevante devido ao uso de certas palavras em diferentes contextos;

A extração da informação: os sistemas são requeridos para extrair informação relevante das fontes de informações, mas na realidade extraem muita informação irrelevante;

Manter fontes de texto fracamente estruturadas: é uma atividade difícil e que consome muito tempo, quando as fontes são grandes. Manter tais coleções consistentes, corretas requer uma representação mecanizada da semântica e das restrições que ajudam a detectar anomalias;

Geração automática de documentos: adaptação de *sites* que se modificam dinamicamente de acordo com as preferências dos usuários poderia ser

muito útil, mas requer máquinas que acessam a representação da semântica destas fontes de informações.

Com o uso da tecnologia da Web Semântica, que permite a estruturação, atribuição dos significados aos dados, o relacionamento dos conceitos dos mesmos e a utilização dos agentes inteligentes providenciam novas possibilidades como: pesquisas inteligentes ao invés de pesquisas utilizando palavras-chave; recuperação da informação relevante entre outros.

2.3.4.2 Comércio Eletrônico

Com a evolução dos recursos disponíveis na Web surgiu o comércio eletrônico, como uma das áreas de maior crescimento. As empresas estão investindo cada vez mais nesse ramo de negócio, pois a cada dia que passa surgem novos usuários da Web, e que são também candidatos a se tornarem consumidores virtuais sendo a comodidade o principal fator para incentivar as compras pela Web.

As vantagens do uso da tecnologia da Web Semântica, que permite a estruturação, atribuição dos significados aos dados, o relacionamento dos conceitos dos mesmos e a utilização dos agentes inteligentes providenciam novas possibilidades como: manutenção mais barata; uma melhor compreensão dos dados exibidos; os agentes poderão entender as informações sobre os produtos e assim conseguirão selecionar o melhor produto para oferecer aos clientes dentre outras vantagens.

2.3.5 Conclusão

O advento da tecnologia da Web Semântica deve tornar o acesso às informações relevantes, na Internet, mais eficiente e preciso através da estruturação e da representação semântica dos dados.

A aplicabilidade, dos conceitos demonstrados nesta seção, ao ICS estão relacionadas principalmente às possibilidades trazidas pela estruturação dos dados que viabiliza o consumo de informações pelos agentes de *software*.

3 Intelligent Commerce System – ICS

3.1 ICS

Neste capítulo, descrevemos o ambiente ICS (Labidi et al, 2003) de suporte ao comércio eletrônico B2B. Destacamos os principais conceitos e funcionalidades desse ambiente. Nosso objetivo é fornecer uma visão clara desse sistema, de modo que possamos delimitar e justificar nossa contribuição nesse contexto.

3.1.1 Ambientes de Negociação Entre Agentes Afins

Antes de mostrar o sistema ICS, achamos útil apresentar alguns sistemas de comércio eletrônico entre agentes os quais confrontaremos com a nossa abordagem, enumerando as suas vantagens e desvantagens. Por serem os mais referenciados na literatura, falaremos dos sistemas *Kasbah*, *Tete-a-Tete*, *MAGMA* e *MAGNET*.

O MIT Media Lab (MIT, 2003) desenvolveu um mercado baseado em agentes chamado *Kasbah*, onde os usuários podem associar a tarefa de comprar ou vender a um determinado agente. O *marketplace* pode então efetuar as negociações de acordo com as escolhas dos usuários. Entretanto este sistema oferece um esquema de negociação simples e, baseado em funções ultrapassadas.

O *Tete-a-Tete* é um sistema baseado em agentes mais complexo desenvolvido pelo MIT Media Lab. Todavia, *Tete-a-Tete* provê um grupo mais abrangente de capacidades, não habilitando apenas transações baseadas na comparação de preços, mas ele leva em conta vários valores adicionados ao serviço na equação. Por exemplo, a garantia do produto, data de entrega, forma de

pagamento, etc. A principal vantagem do *Tete-a-Tete* é que ele provê a comparação por valor em oposição a outros sistemas de agentes que utilizam a comparação de preço.

O MAGMA (Tsvetovatyy, 1997) é um *marketplace* mediado por agentes que engloba uma infra-estrutura de comunicação, um mecanismo de armazenagem e transferência de bens, anúncios e um sistema bancário. Uma desvantagem da arquitetura é que os agentes comunicam-se através de conexões de *sockets*. Com a finalidade de facilitar a comunicação entre os agentes, um servidor mantém todas as conexões e rotas das mensagens entre os agentes baseado em um único nome de agentes. Esta arquitetura é particularmente cara em relação aos recursos de largura de banda em rede e a sua performance é baixa. E finalmente, a sua capacidade de crescimento é questionável.

Já o MAGNET (Dasgupta et al., 1999) foi desenvolvido pela universidade de Minnesota. O objetivo do projeto MAGNET é desenvolver um modelo semântico para a integração de planejamento, contratação, sincronização, e execução em um domínio de mercado multiagente. O conceito fundamental do MAGNET é a sessão de mercado. A sessão, dentro do mercado mantém um registro de acordos feitos por todos os negociadores.

3.1.2 Ambiente ICS

Atualmente, existe um crescente interesse na automação do comércio, tendo em vista a possibilidade de que certos problemas de tomada de decisão, não somente, mas em especial do meio comercial, possam ser solucionados por agentes de *software* (Jennings et al., 1998). Por isso, uma abordagem que vem se tornando bastante aceita é a utilização de agentes de *software* móveis e inteligentes para

representar pessoas ou companhias em processos de negociação, com um custo computacional menor.

Atualmente, a tendência das pesquisas nessa área é a representação do conhecimento utilizando ontologias (Omenayenko, 2002) que possam ser consumidas, isto é utilizadas, pelos agentes, a idéia da *web* semântica. Arquivos contendo meta-dados modelados como ontologias poderiam implementar tanto o conhecimento interno como o compartilhado externo dos agentes.

Neste capítulo, é apresentado o ICS (*Intelligent Commerce System* ou Sistema de Comércio Inteligente) que é uma implementação do comércio eletrônico entre empresas utilizando a tecnologia de agentes móveis inteligentes e que segue uma abordagem em ciclo de vida. Outra contribuição interessante do ICS é a modelagem do usuário, além de ter uma visão voltada ao uso de ontologias para a representação do conhecimento em todas as fases do ciclo de vida. O ciclo de vida no ICS descreve inteiramente o processo de comércio eletrônico: desde a modelagem do usuário (isto é, a aquisição de conhecimento sobre o mesmo como: perfil, estratégias, etc.) até a formação e execução do contrato (sendo propostas técnicas de *workflow* para realizar o contrato, baseando-se nos termos definidos na negociação).

Nas seções em seguida descreveremos todas essas características.

3.1.3 Arquitetura do ICS

O sistema ICS é uma implementação orientada a agentes do comércio eletrônico entre empresas, em que os agentes trabalham em um ambiente aberto como a Internet (ou uma Intranet), movendo-se através das redes para encontrar outros agentes negociadores em áreas de negociação comuns.

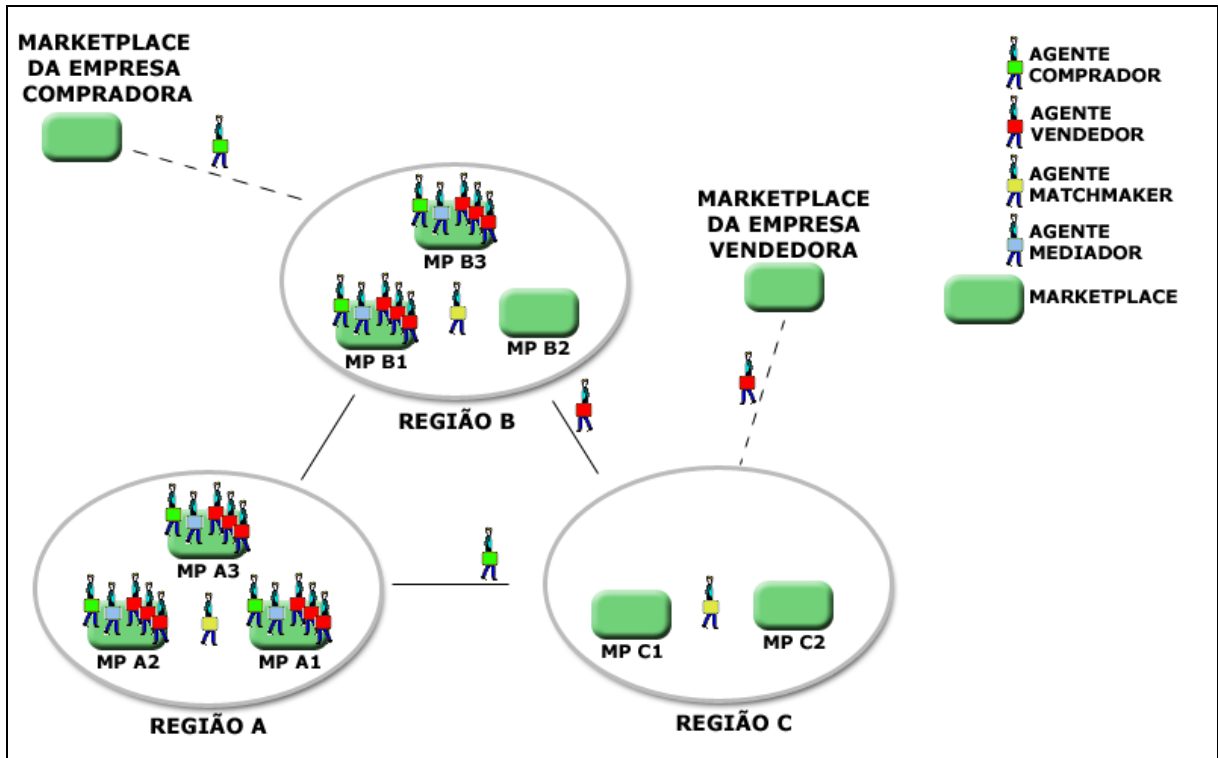


Figura 5 - O Ambiente ICS

Como ilustra a Figura 5, os principais componentes do ICS são o *marketplace*, *região*, o *agente matchmaker*, os *agentes mediadores* e os *agentes negociadores*.

Um *marketplace* é um ambiente que provê um contexto dentro do sistema, no qual os agentes podem trabalhar. Isto determina funções de controle de acesso e negociação. Portanto, um agente move-se pela Internet viajando entre *marketplaces*. Sendo que tanto o de origem como o de destino, podem residir no mesmo ou em outro sistema, desde que ambos suportem o mesmo perfil de agentes. Ou seja, eles devem seguir uma padronização que providencie a interoperabilidade. O ICS faz uso do padrão MASIF da OMG (cf OMG, 2000).

Uma *região* provê um nível mais alto de abstração para a comunicação entre agentes. Um agente que deseje contatar outro não precisa preocupar-se com

a sua localização. Então, ele tem um endereço da região (basicamente, o endereço de um sistema que é designado como o ponto de acesso da região) e o nome do agente do *marketplace*. Portanto, é possível contatar e se comunicar com um agente (ou sistema) apenas com essa informação.

Os agentes **negociadores** são responsáveis por comprar e vender produtos e serviços além de fazer ofertas em seu favor. As estratégias utilizadas para determinar quando e como ofertar são definidas na fase de Modelagem do Usuário a qual será mais bem explicada posteriormente.

O agente **matchmaker** é encarregado de fazer consultas no repositório de anúncios, bem como no de perfis de usuários, para encontrar interesses compatíveis e pôr em negociação possíveis parceiros de negócios.

Dentre outras coisas o agente **mediador** garante a integridade dos protocolos de negociação, coordenando a participação, execução, resolução, finalização de uma negociação e aplicação do contrato.

No sistema ICS, os agentes negociadores representando usuários do sistema (vendedores e compradores) são enviados a um *marketplace*, um mercado virtual, onde eles podem negociar em benefício próprio fazendo pesquisa de preço, analisando propostas orientadas a negócios. O processo de negociação é gerenciado por protocolos que coordenam o fluxo de mensagens entre os participantes da negociação e impõem regras para o “jogo” de negócio. No ICS, os agentes podem assumir três papéis principais na negociação – o participante da negociação, o *matchmaker* e o mediador. A função do mediador é exercer um papel imparcial na negociação, sendo responsável por garantir a correta execução do protocolo de negociação. Cada *marketplace* ICS implementa um protocolo de

negociação (leilão, barganha, votação, etc.) o qual é gerenciado pelo agente mediador.

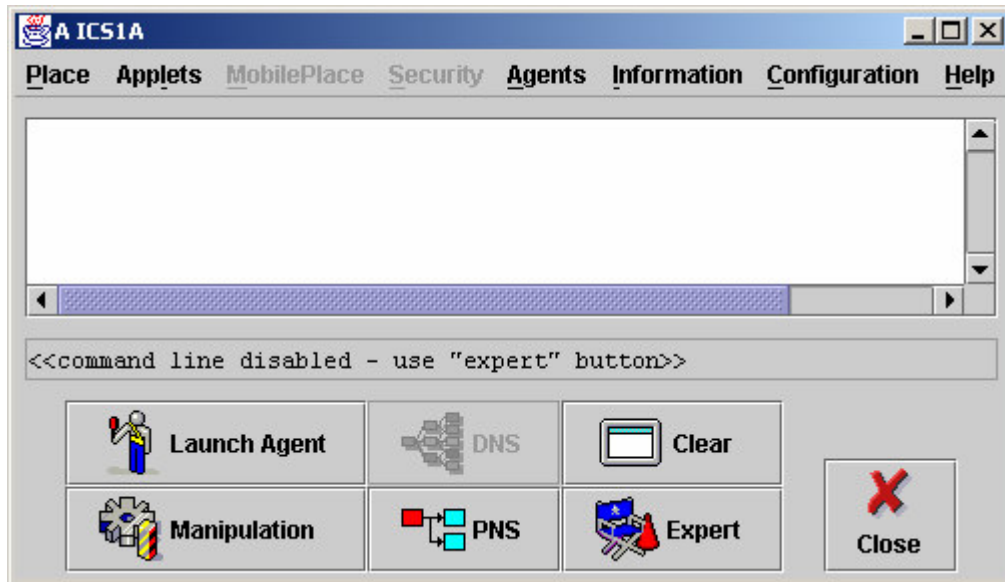


Figura 6 - Interface de Manipulação de Agentes SOMA

A implementação do ICS é baseada em um sistema de agentes (uma plataforma de agentes móveis) que se chama SOMA (Secure and Open Mobile Agents ou Agentes Móveis Abertos e Seguros) (Corradi,1999). A interface de manipulação dos agentes esta representada na Figura 6.

3.1.4 Ciclo de Vida do Comércio Eletrônico no ICS

O ciclo de vida adotado para o ICS é uma extensão do modelo proposto por (Jennings et al., 1996) e (Bartolini, 2001). Foram introduzidos: a fase de modelagem do usuário, o conceito de feedback de informações e ontologias específicas para cada fase. Como delineado na Figura 7, o modelo ICS é composto de cinco fases.

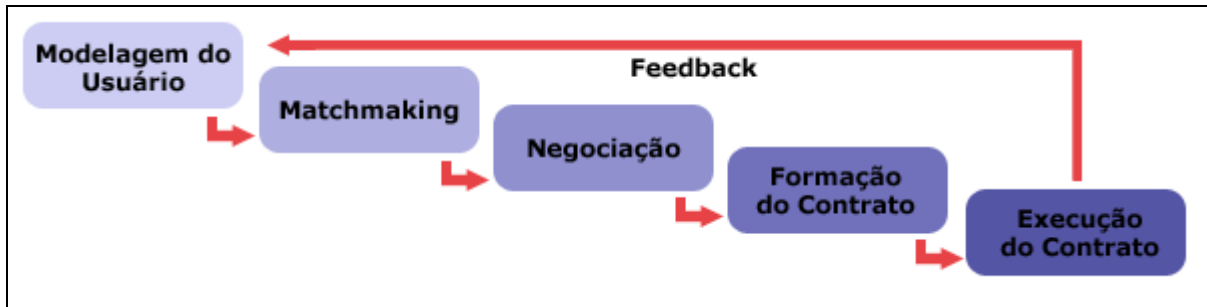


Figura 7 - Ciclo de vida do comércio eletrônico no ICS

Na modelagem do usuário o sistema captura as preferências dos usuários e restrições das consultas baseadas em ontologias específicas de um domínio.

Na fase de *matchmaking*, um agente negociador procura outros parceiros de negócios, com os quais ele pode potencialmente fechar negócio. Isto é feito colocando-se anúncios em um repositório compartilhado, no qual o agente *matchmaker* faz consultas em busca de interesses similares, e retornando os possíveis parceiros.

Na negociação, um participante inicia o processo com um ou mais parceiros de negócio a fim de concordar ou discordar sobre os termos mutuamente aceitáveis da negociação. Esses termos podem incluir uma definição dos produtos ou serviços que estão sendo negociados, preço, data de entrega, etc.

Posteriormente, todos os termos acordados devem ser legalmente delineados em um contrato formal entre as partes, daí a fase de formação de contrato.

E por ultimo, as partes devem realizar as transações acordadas, baseando-se nos parâmetros especificados no contrato, é a fase de execução e cumprimento do contrato.

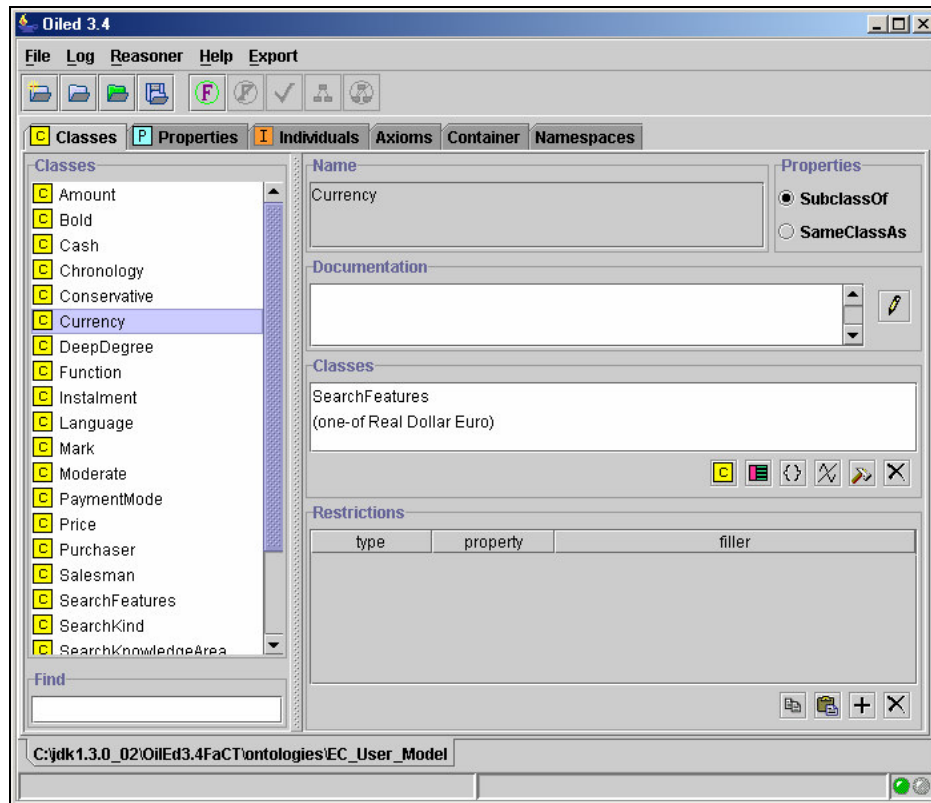


Figura 8 - Editor de Ontologias OilEd

Os dados resultantes dos processos de negociação e formação de contrato devem ser retornados (deve ser feito um *feedback*) para serem reutilizadas durante uma nova modelagem assim enriquecendo os modelos dos usuários.

As próximas seções detalham cada fase do ciclo de vida do ICS, bem como as ontologias utilizadas em cada uma delas. Foi utilizado para a modelagem de ontologias a ferramenta OilEd (Bechhofer, 2001), como na Figura 8.

3.1.4.1 Modelagem do Usuário

A modelagem do usuário tem como objetivo adquirir os perfis dos usuários. Todas as informações são úteis para a composição de uma estratégia de negociação. Posteriormente, essas informações vão ser carregadas por um agente

de negociação e, efetivamente, utilizada no processo de negociação. O modelo provê ao sistema informações mais precisas sobre os interesses do usuário.

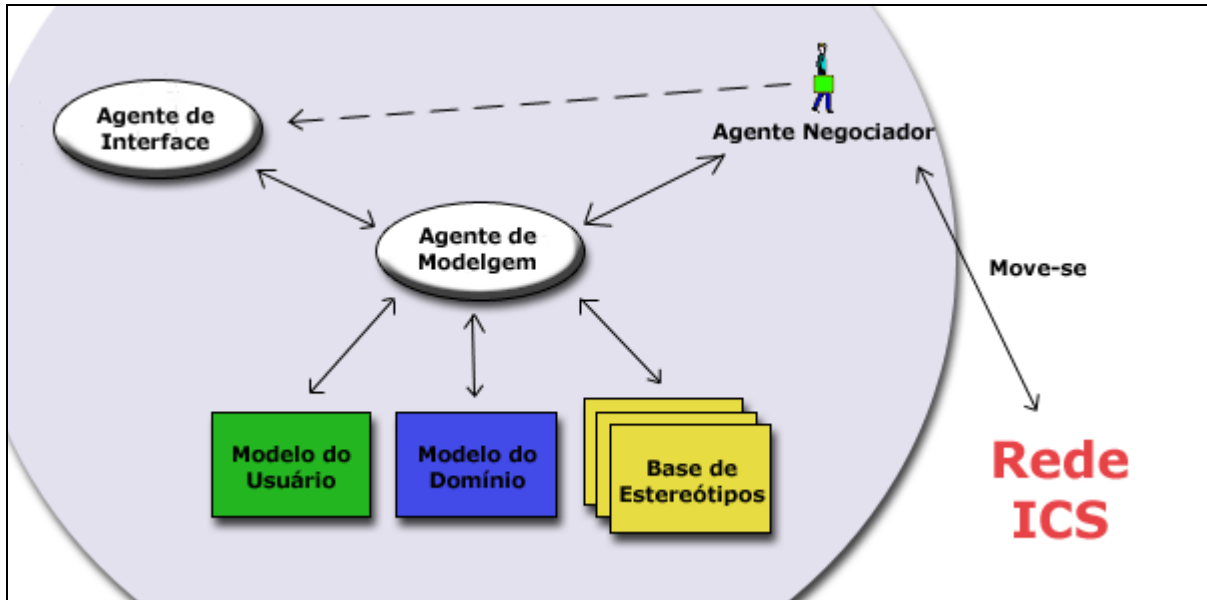


Figura 9 - Modelagem do Usuário no ICS

Como demonstrado na Figura 9, o agente de modelagem decide como modelar e como apresentar os dados ao agente negociador, considerando as informações provenientes da interface do sistema, do Modelo do Usuário, do Modelo do Domínio e da Base de Estereótipos. Ele é responsável pela gestão do processo de negociação.

O modelo do usuário armazena os modelos dos usuários registrados no sistema. Esta informação é regulada pela ontologia do modelo do usuário como demonstrado na Figura 10. Esta ontologia é sub-dividida em duas partes principais: as Características do Usuário compoendo o perfil do agente negociador e as Características da Busca, definindo as informações para o processo de *matchmaking* (o qual vai prover os dados para o anúncio, melhor descrito no Capítulo 4).

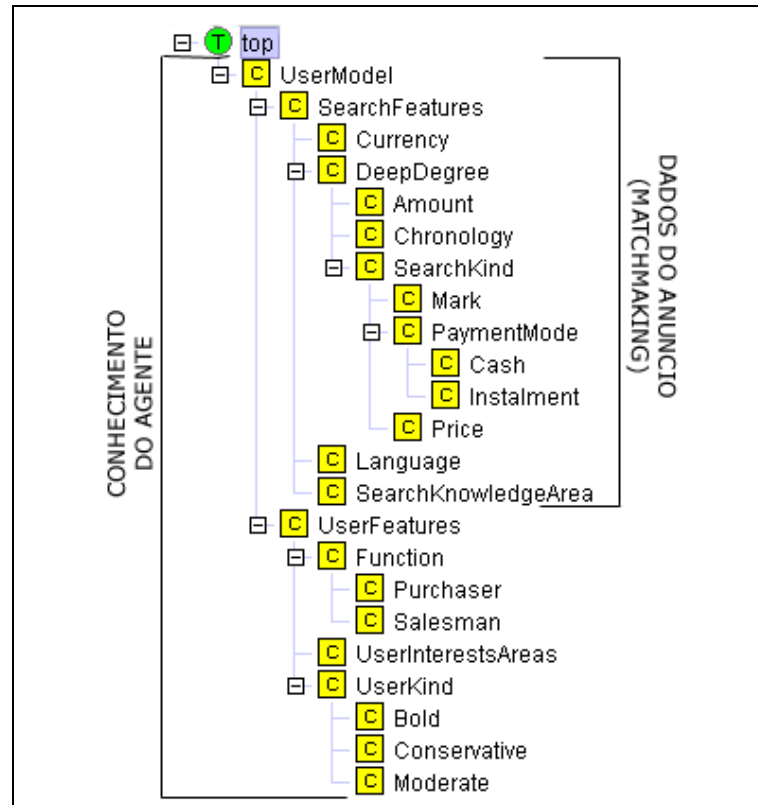


Figura 10 - Ontologia da Modelagem do Usuário

O modelo do domínio define os atributos de um domínio específico. Aqui, são definidas ontologias de domínio específico para cada domínio de aplicação, como exemplo: Carro (modelo, ano, marca, força do motor, etc.) (Mukherjee, 2000).

A base de estereótipos descreve características básicas do usuário de uma forma hierárquica e gera um mapa inicial do modelo do usuário. Que é utilizado pelo agente modelador para selecionar, comparar e agrupar usuários em grupos de perfis.

O agente negociador do ICS é um agente móvel que requisita para o agente de modelagem informações sobre o usuário. Também é função dele retornar os resultados das negociações entregando-as ao agente de interface.

O agente de interface provê um elo de ligação entre o usuário e o sistema, interagindo com ambos e facilitando o fluxo bidirecional de entradas e saídas de informação.

Não foram trazidos mais detalhes sobre esta fase por não ser o foco deste trabalho. A Modelagem do Usuário é o objetivo de uma outra dissertação de mestrado no quadro do projeto ICS.

3.1.4.2 Matchmaking

O *matchmaking* é o processo pelo qual os agentes que estão interessados em fazer trocas de valores econômicos são colocados em contato com potenciais contrapartes. O processo de *matchmaking* se faz pelo emparelhamento de características que são requeridas por uma parte negociante e oferecidas por outra. Na forma tradicional de se fazer negócios, este papel é executado também por corretores, que procuram ativamente contrapartes em um diretório de serviços como “páginas amarelas”, ou procurando anúncios publicados na mídia.

O ICS tem um agente especialmente projetado para executar este papel, o *matchmaker*. Ele faz consultas no repositório de anúncios para encontrar interesses similares e contatar possíveis parceiros de negócios. Como descrito na seção anterior, a modelagem do usuário fornece informações para a fase de *matchmaking*, mais especificamente as Características das Buscas são utilizadas para compor os anúncios. Há apenas uma instância deste agente por região. Na Figura 11, é mostrado um exemplo de um anúncio simplificado que foi codificado utilizando a linguagem DAML.

```

<daml:Class rdf:ID="SimpleAdvertise">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Advertise">
    <daml:Restriction>
      <daml:onProperty rdf:resource="#usesOne"/>
      <toClass rdf:resource="Currency">
    </daml:Restriction>
  </rdfs:subClassOf>
</daml:Class>

```

Figura 11 - Exemplo simplificado de anuncio codificado em DAML

O anuncio demonstrado na Figura 11, define apenas uma restrição ao anuncio. No caso, ele define qual a moeda que o anuncio utiliza. Este modelo de anuncio, ainda pode ser estendido para representar conceitos mais complexos como ontologias das informações consumidas pelos agentes componentes do sistema.

3.1.4.3 Negociação

Geralmente, os mecanismos de negociação não mediados não têm uma performance satisfatória quando o número de agentes envolvidos é alto. Isto acontece porque o número de (potenciais) negociações paralelas necessárias para encontrar o melhor “negócio” (ou contrato) cresce exponencialmente. Por conta disso, mecanismos mediados têm atraído bastante atenção (Wurman, 2000).

Em mecanismos mediados, os agentes comunicam-se com os componentes do sistema, chamados mediadores, os quais implementam regras formais de negociação e controlam o fluxo das informações. Um mediador é um elemento do sistema que gerencia toda a negociação.

Quando um agente localiza possíveis parceiros de negócio, ele pode entrar em negociação com estes para efetivar suas transações. Se a negociação for iniciada, os negociantes devem seguir um protocolo de negociação, e cada negociante deve ter sua própria estratégia de negociação. O uso do protocolo de

negociação é necessário para coordenar o fluxo de mensagens entre os participantes, e impor regras ao “jogo” da negociação. Estas regras devem ser escolhidas para garantir “justiça” na negociação ou para maximizar os lucros de uma possível transação.

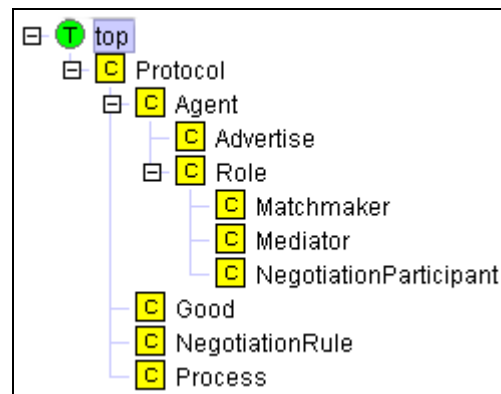


Figura 12 - Ontologia do protocolo Compartilhado

A abordagem descrita neste trabalho foi desenvolvida para suportar vários tipos de negociações e cardinalidades entre os negociadores sendo essa flexibilidade obtida através de uma ontologia de representação do protocolo (cf Figura 12). Essa ontologia fica armazenada nos *marketplaces* e é compartilhada por todos os agentes participantes das negociações.

3.1.4.4 Formação e Execução do Contrato

O objetivo da negociação é levar os agentes a um acordo que deve ser formalizado entre os agentes negociadores. Isto é feito através de um contrato eletrônico que contém todos os termos acertados entre os agentes. O contrato pode ser visto como um protocolo de recompensa ou punição, onde os agentes podem ser recompensados se cumprirem o contrato ou punidos em caso contrário (Bartolini, 2001).

Para executar os parâmetros definidos na negociação, é requerido algum sistema de execução de processos de negócios. Como os contratos trabalham com datas limites (prazos), as tecnologias de *workflow* temporal podem ser adequadamente aplicadas (cf. Labidi et al., 2000).

3.1.5 Conclusão

Em um ambiente de comércio eletrônico, as transações necessitam ser feitas quase em tempo real. O paradigma de agentes móveis vem se mostrando bastante adequado para aplicações desta natureza. Um agente podendo mover-se para a localização do recurso, ou ainda ter um ponto de encontro para negociar com outros agentes, torna as transações mais rápidas, pois ele pode interagir localmente. A automação do processo de negociação no comércio eletrônico através da tecnologia de agentes oferece a oportunidade de grande aumento da eficiência, através da redução de estoques e gastos com armazenamento.

O *Intelligent Commerce System* apresentou uma implementação orientada a agentes do comércio eletrônico entre empresas. O ICS tem a vantagem de implementar a abordagem de ciclo de vida baseada na modelagem do usuário, que é fundamental em sistemas inteligentes que almejem oferecer flexibilidade. Em pesquisas paralelas observou-se que isto beneficia extremamente todas as fases do ciclo de vida, especialmente a negociação. Além disso, quando comparado a outros sistemas de comércio eletrônico baseados em agentes, o ICS se mostrou bem mais completo e flexível. Pois, com sua arquitetura baseada em ciclo de vida é possível desenvolver um sistema bem mais robusto.

A seguir apresentaremos a segunda parte de nossa contribuição que é um componente da negociação.

4 NEGOCIAÇÃO NO ICS

4.1 Modelo de Negociação

Neste capítulo, apresentamos a definição do modelo de Negociação no ICS (Fonseca et al., 2003). Isso inclui também uma descrição do processo de matchmaking e de uma forma mais aprofundada para a negociação.

4.1.1 Cenário

A negociação no ICS, como já descrita no capítulo anterior, é a fase onde efetivamente ocorrem as transações comerciais entre as empresas, aqui representadas pelos agentes negociadores.

O cenário básico para suportar estas transações é composto pelos seguintes passos (cf Figura 13):

Os agentes negociadores (compradores e vendedores) dirigem-se a uma determinada região e armazenam em um repositório compartilhado, informações sobre os produtos ou serviços que desejam negociar (comprar ou vender);

O agente *matchmaker* cruza estas informações gerando os *clusters* (grupos) para cada grupo de associação de procura/oferta encontrada. Cada *cluster* armazena a identificação de todos os agentes da associação;

Feito isso, o agente *matchmaker* instancia um agente mediador disponibilizando a ele o *cluster* com os negociantes;

De posse do *cluster*, o agente mediador iniciará o processo de negociação e gerenciará todas as transações efetivadas.

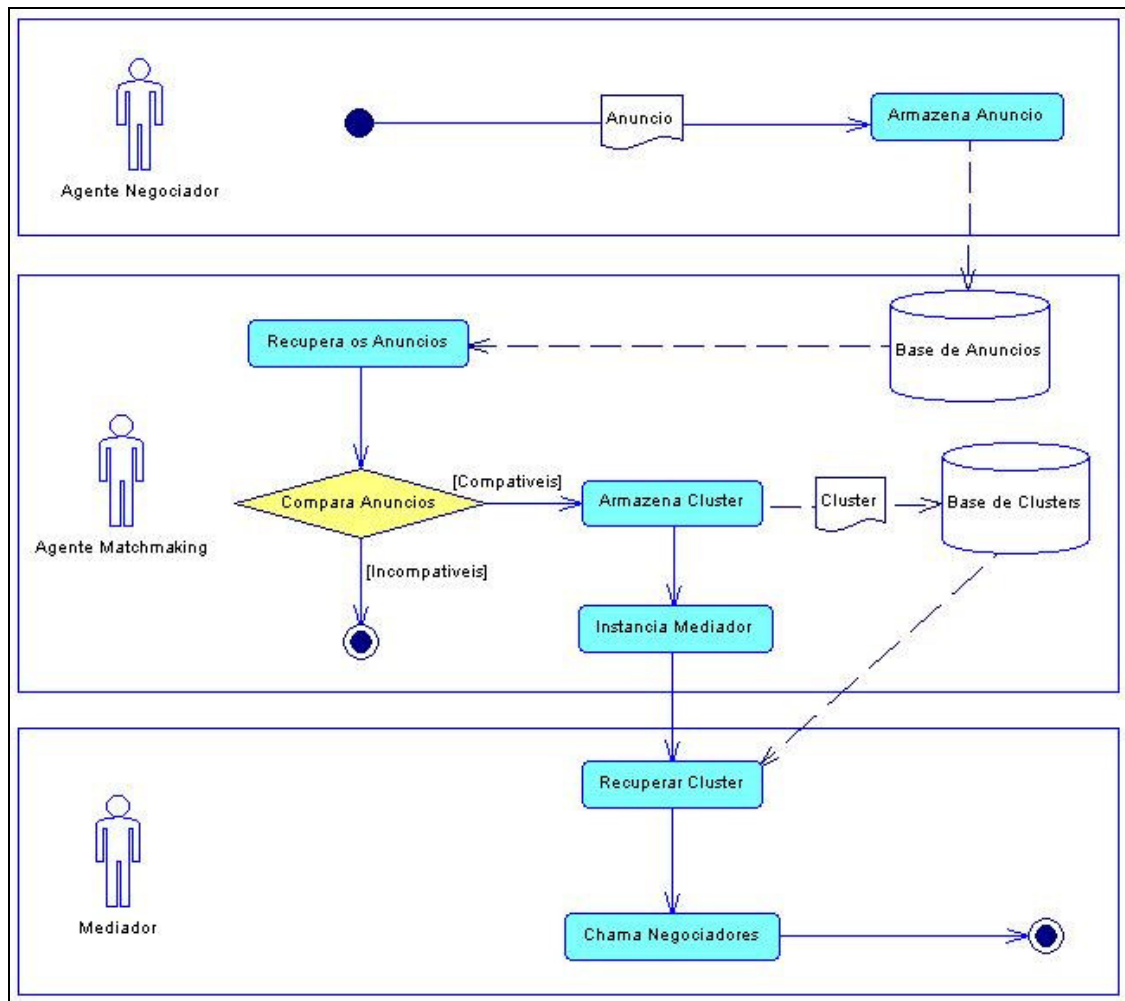


Figura 13 - Cenário Início da Negociação

Os parágrafos seguintes tratam detalhadamente de cada um desses elementos e das interações entre os agentes negociadores.

4.1.2 Base de Anúncios e Base de Clusters

No cenário acima exposto verificamos a presença de duas bases de dados fundamentais para a negociação no ICS: a Base de Anúncios e a Base de *Clusters*.

A base de anúncios é utilizada para manter todos os anúncios publicados nos *marketplaces* da região, isto é, todas as necessidades de compra ou venda dos

negociadores. Os Agentes Negociadores e os Agentes *Matchmakers* são os componentes do sistema responsáveis pela manutenção dos dados dessa base.

A base de *clusters* mantém informações referentes a uma possível transação que possa vir a ser efetivada. Em cada *cluster* armazenado estão informados os agentes envolvidos na negociação. Os Agentes *Matchmakers* e os Agentes Mediadores são os responsáveis pelo acesso a essa base. Pois é a partir dela que o mediador sabe quem são os participantes de uma negociação.

4.1.3 Composição dos Anúncios

Os anúncios publicados pelos agentes devem seguir um padrão adotado no sistema. Elaboramos um protótipo padrão para o anúncio, composto das informações mostradas na Tabela 1.

Anúncio de Venda	Anúncio de Compra
ID_AGENTE	ID_AGENTE
PRODUTO_SERV	PRODUTO_SERV
ESTADO	ESTADO
PREÇO_DE_VENDA	PREÇO_DESEJADO
QTD_OFERECIDA	QTD_DESEJADA

Tabela 1. Protótipo padrão para os anuncios

O atributo ID_AGENTE é o identificador do agente. Essa identificação deve conter uma identificação sobre o usuário proprietário do agente para evitar que dois agentes de um mesmo usuário possam negociar entre si. PRODUTO_SERV indica qual produto ou serviço deseja-se negociar. O ESTADO indica se o anúncio é válido ou não. Os outros atributos são auto-explicáveis. Uma estrutura bem mais complexa do anúncio pode (e deve!) ser utilizada. Por exemplo, utilizando

informações oriundas do modelo do usuário. Entretanto tal sofisticação demandaria a finalização das duas fases anteriores do ciclo de vida do sistema.

4.1.4 Composição dos Clusters

Os *clusters* são unidades de informação geradas pelo *matchmaker* que representam um possível par de parceiros de negócio. Sua estrutura é bem simples e pode ser representada basicamente como sendo o par (c,v), onde c representa um agente comprador e v um agente vendedor.

A estrutura básica dos *clusters* é mostrada na Tabela 2.

Cluster
ID_AGENTE_COMPRA
ID_AGENTE_VENDA
ESTADO

Tabela 2. Estrutura Básica dos *Clusters*

Onde ID_AGENTE_COMPRA e ID_AGENTE_VENDA são, respectivamente, as identificações dos agentes de compra e venda. O ESTADO indica se houve negociação entre os agentes do *cluster*.

As bases de anúncios e de clusters são implementadas como tabelas em um banco de dados relacional.

4.1.5 Agentes Negociadores

Os agentes de negociação assumem o papel principal no jogo da negociação. Representando compradores e vendedores (usuários do ICS) estes agentes devem satisfazer plenamente as necessidades de seus representados.

Para garantir bons resultados para seus usuários, tanto em vendas quanto em compras, os agentes negociadores devem ser capazes de realizar, com eficácia, duas funções básicas que são executadas antes da negociação propriamente dita. São a publicação de anúncios e a definição da estratégia de negociação.

4.1.5.1 Publicação

O agente deve publicar anúncios em regiões que julgue serem propícias para a realização de negócios. A eleição destas regiões deve ser feita com base nas necessidades do usuário, do agente e em informações disponibilizadas pelas próprias regiões através da base de anúncios. Estas informações podem incluir preços médios, formas e prazos de pagamento, categorias de produtos oferecidos/procurados, quantidades de agentes compradores e vendedores, etc.

Podemos comparar a publicação aqui definida com situações do mundo real e podemos tirar conclusões sobre sua importância na realização de negócios. Para exemplificar, digamos que você seja o dono de uma fábrica de bolas de futebol que está lançando um novo modelo no mercado. Você escolhe a televisão para divulgar este novo modelo. No intervalo de que tipo de programas você o faria? A resposta é imediata: programas esportivos e transmissões de jogos de futebol. O alcance da propaganda a possíveis compradores seria muito maior nesse caso do que se você anunciasse, por exemplo, em intervalos de programas de culinária.

Este exemplo mostra claramente que anunciar nos “locais” ou meios corretos é essencial para se ter sucesso nos negócios. E isso não é aplicado somente a vendas, como no caso exemplificado acima. Você “faria negócio” se fosse a uma farmácia com a finalidade de comprar uma dúzia de ovos?

4.1.5.2 Estratégias de Negociação

O agente negociador deve ser capaz de elaborar uma estratégia de negociação que satisfaça as reais necessidades de seu usuário. Em outras palavras, o agente deve tentar agir como o próprio usuário agiria diante de uma determinada negociação.

Para tanto, a estratégia de negociação adotada pelos agentes negociadores deve, primordialmente, levar em consideração características específicas de cada um de seus usuários. Tais características dizem respeito ao comportamento dos usuários em relação a transações comerciais.

É a partir desse princípio que se propõe o uso de uma modelagem do usuário (cf. Figura 14) com a finalidade de traçar um perfil bem definido para cada um dos usuários clientes do ICS. A partir destas informações modeladas, os agentes de negociação podem definir as estratégias de negociação a serem adotadas em determinada transação.

As informações adquiridas pela modelagem do usuário passam por um processo de manutenção cujo resultado é a representação das informações que serão armazenadas no modelo do usuário. As informações deste modelo passam constantemente por um processo de atualização e podem ser consultadas a qualquer momento pelos demais componentes do sistema.

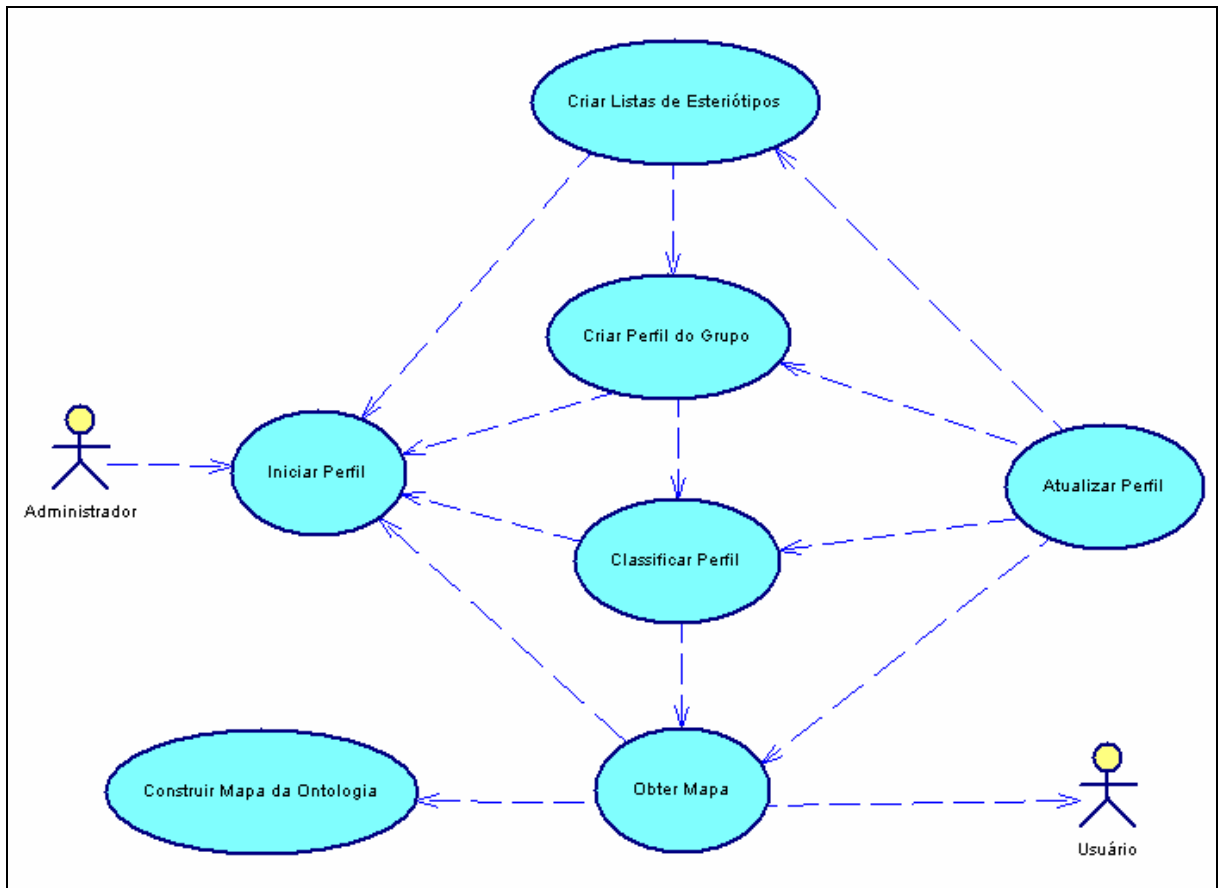


Figura 14 - Diagrama de Casos de Uso para a Obtenção do Modelo do Usuário

A estratégia de negociação pode ser definida sob vários aspectos que dependerão diretamente das informações guardadas no modelo do usuário. Entre eles, podemos citar preço, prazo de pagamento, formas de pagamento, prazo de entrega. Um agente comprador pode definir como estratégia de negociação a transação que tiver o menor preço, outro agente desse tipo pode definir que o melhor é uma combinação de prazo com forma de pagamento. Já um agente vendedor pode definir como estratégia a adoção da lei da oferta e da procura. Isso tudo vai depender do perfil de seus usuários.

4.1.6 Agente Matchmaker

O agente *matchmaker* é o responsável por identificar potenciais parceiros de negócios nos *marketplaces*, para tanto utiliza as informações publicadas pelos agentes negociadores nas bases de anúncios. A definição precisa do agente *matchmaker* é um dos principais fatores para garantir o sucesso do sistema, visto que é a partir de sua ação que podem surgir negociações.

Em cada região existe um agente *matchmaker* que inicia o *match* em intervalos de tempo pré-determinados. É válido colocar que o processo só será efetivamente iniciado se houverem compradores e vendedores ávidos de negociação. O *match* das informações é o resultado de um processo que chamamos de *clusterização*.

O processo de clusterização consiste basicamente em definir os *clusters* que alimentarão a base de *clusters* e estarão disponíveis para o agente mediador. O agente *matchmaker*, como já foi dito, baseia-se nos anúncios dos negociantes para chegar à formação dos *clusters*. Descreveremos detalhadamente em seguida como se dá este processo.

Inicialmente são formados dois conjuntos distintos de anúncios publicados em determinado *marketplace*. O conjunto C formado pelos anúncios de compra e o conjunto V composto pelos anúncios de venda.

Com os conjuntos definidos, o *matchmaker* cruza as informações anunciadas com a finalidade de encontrar alguma similaridade entre oferta e procura. Essa similaridade pode ser mensurada em função de vários atributos constituintes do anúncio, entre os quais podemos citar preço, forma de pagamento,

prazo e entrega, etc. Logicamente, o produto ou serviço ofertado/procurado deve ser sempre levado em consideração.

Para facilitar a explicação desse processo, examinemos a seguinte situação onde quatro agentes negociadores (Ag1, Ag2, Ag3 e Ag4) publicam anúncios no *marketplace* M1 com as seguintes informações:

Ag1 (compra)	Ag2 (compra)	Ag3 (venda)	Ag4 (venda)
Ag1_user_a	Ag2_user_b	Ag3_user_c	Ag4_user_d
Notebook IBM	Impressora HP	Notebook IBM	Notebook Toshiba
R\$ 2.950,00	R\$ 600,00	R\$ 3.200,00	R\$ 4.500,00

Tabela 3. Tabela de Anúncios

O agente *matchmaker match_M1* verificará a base de anúncios e formará os conjuntos:

$$C = \{c1, c2\} \text{ e } V = \{v1, v2\}.$$

Onde:

c1 = anúncio de Ag1_user_a;

c2 = anúncio de Ag2_user_b;

v1 = anúncio de Ag3_user_c; e

v2 = anúncio de Ag4_user_d.

Feito isso, o agente faz o produto cartesiano dos dois conjuntos obtendo:

$$C \times V = \{(c1,v1),(c1,v2),(c2,v1),(c2,v2)\}.$$

Temos então um conjunto de *clusters* de anúncios.

O *match_M1* deverá então cruzar as informações de cada um desses *clusters* de anúncios, elegendo aqueles que são de possíveis parceiros de negócio. Nesse exemplo o cruzamento será feito verificando-se similaridade nos pares de informações produto ofertado/produto procurado e preço de venda/preço desejado. Para anúncios mais elaborados o cruzamento seria feito sobre todos os atributos do anúncio seguindo esta mesma metodologia.

Para analisar a similaridade de informações o *match_M1* utiliza uma função que retorna um valor booleano verdadeiro ou falso para similar e não similar respectivamente. Para atributos de valores, como preço, por exemplo, a função sempre retornará o valor verdadeiro. Esta função calcula na verdade o grau de similaridade (distância) entre os requisitos do comprador e as ofertas do vendedor.

Se o resultado da função de similaridade para determinada relação for falso então esta será desconsiderada pelo agente *matchmaker*. Para este exemplo, a função de similaridade retornaria os seguintes resultados:

Para (c1,v1) temos similaridade (c1,v1) = verdadeiro;

Para (c1,v2) temos similaridade (c1,v2) = verdadeiro;

Para (c2,v1) temos similaridade (c2,v1) = falso; e

Para (c2,v2) temos similaridade (c2,v2) = falso.

Assim o *match_M1* agrupa os resultados em um *cluster* de três elementos com a estrutura (Ac,Av,valor) onde Ac e Av são as identificações do agente de compra e venda respectivamente e valor é o resultado da função de similaridade.

Dessa forma teremos o seguinte conjunto de *clusters*:

```
{(Ag1_user_a,Ag3_user_c,verdadeiro);
(Ag1_user_a,Ag4_user_d,verdadeiro);
(Ag2_user_b,Ag3_user_c,falso);
(Ag2_user_b,Ag4_user_d,falso)}.
```

Basta agora ao *matchmaker* eliminar os *clusters* com valor falso e armazenar os *clusters* restantes na base de *clusters* onde poderão ser acessados para que se inicie a negociação. No caso proposto, teríamos na base somente os *clusters*:

```
(Ag1_user_a,Ag3_user_c,) e (Ag1_user_a,Ag4_user_d)
```

Para fim de analogia podemos comparar o processo de *matching* ao conceito de junção da álgebra relacional, onde se faz uma seleção sobre o produto cartesiano de duas relações (cf. Date, 1999). Entretanto o critério de seleção é bem mais elaborado no caso deste *matchmaking*. Este critério baseia-se no seguinte algoritmo:

```
Match(request){
  recordMatch = empty list
  forall adv in advertisement do
    { if match(request, adv) then
      recordMatch.append(request,adv); }
  return sort(recordMatch); }
```

Observe que, cada anuncio (adv) armazenado na base de anúncios, vai ser submetido como parâmetro para a função match, que vai retornar um valor verdadeiro quando encontrar anúncios compatíveis. Neste caso, as identificações do comprado e do vendedor serão incluídas em uma lista (recordMatch) que, posteriormente será armazenada na base de clusters.

Para iniciar o processo de negociação, é necessário organizar os agentes compradores e vendedores em grupos chamados de *grupos de negociação*. Um grupo de negociação consiste em um conjunto de agentes que estão interessados em vender/comprar um mesmo produto ou serviço. Cada um desses grupos é gerenciado por um agente mediador distinto.

Apesar do *cluster* não armazenar explicitamente o objeto da negociação, isso fica implícito na própria estrutura do *cluster*, pois a sua formação depende diretamente do objeto da negociação.

Para ficar mais claro, tomemos a seguinte situação. Temos o conjunto de *clusters* $\{(X,A,1),(X,B,1),(Y,B,2),(Z,C,2),(Z,D,1)\}$. Nesse caso teremos dois grupos de negociação: $G1 = \{X,Y,A,B\}$ e $G2 = \{Z,C,D\}$. Chegamos nesses grupos pela seguinte dedução: Se X quer comprar de A e X quer comprar de B então A e B vendem o mesmo produto. E se Y quer comprar de B e X também quer comprar de B então X e Y querem comprar o mesmo produto. Chegamos a G2 seguindo a mesma linha de raciocínio.

O agente *matchmaker* então inicia a formação dos grupos de negociação, baseado nos *clusters* que acabara de gerar, e instancia quantos agentes mediadores forem o número de grupos de negociação gerados pelo processo de *clusterização*.

4.1.7 Agentes Mediadores

Esse agente é o responsável pela gerência do processo de negociação propriamente dito. Todo o fluxo de mensagens entre os agentes negociadores deve passar pelo agente mediador.

Para que se inicie a negociação entre os agentes é necessário que eles possam trocar mensagens entre si. Mostramos que o agente *matchmaker* prepara grupos de negociação contendo possíveis parceiros de negócio e disponibiliza-os aos seus respectivos agentes mediadores. Esses agentes, os mediadores, têm uma estrutura de dados chamada tabela de nomes onde estão armazenadas os nomes de todos os agentes do grupo. Assim, quando um agente precisa enviar uma mensagem para outro ele pode fazê-lo simplesmente indicando o nome do receptor, e o mediador se encarrega de rotear e entregar a referida mensagem ao destinatário. Dessa forma o agente mediador pode dar início ao processo de negociação.

Podemos descrever o processo de negociação como uma seqüência de passos, como segue:

O agente mediador invoca os agentes participantes de seu grupo de negociação; solicita as propostas de negócio de cada um e informa aos demais. Valida as ofertas conforme as restrições impostas no protocolo de negociação. Avisa ainda a quantidade de agentes envolvidos nesta negociação, pois, a partir disso, os agentes podem adotar estratégias de negociação baseadas na lei da oferta e da procura; Os agentes negociadores analisam as propostas de negócio e elaboram a estratégia de negociação a ser adotada (cf Figura 15).

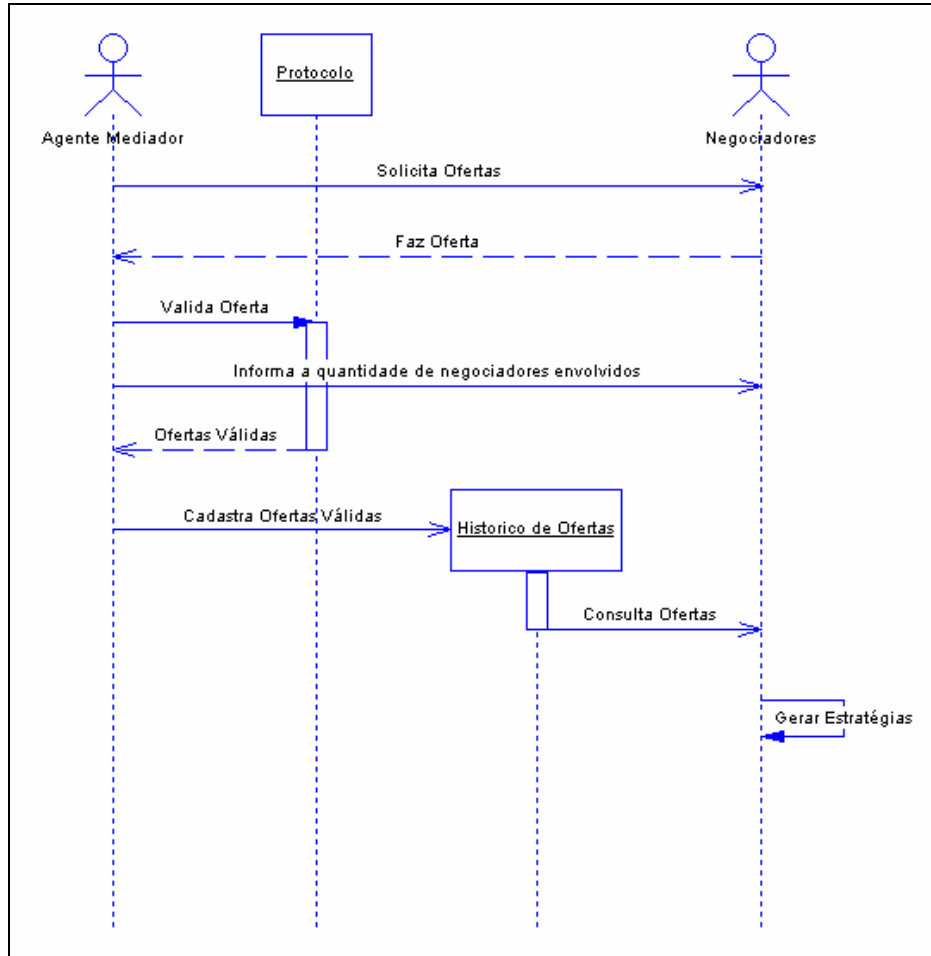


Figura 15 - Processo de Negociação

Após a execução desses quatro passos, os agentes passam a “negociar” entre si. Da seguinte forma:

A negociação prossegue em séries de rodadas;

Um acordo é alcançado se ambos os agentes fazem ofertas O_1 e O_2 , respectivamente onde tanto $utilidade_1(O_2) \geq utilidade_1(O_1)$ ou $utilidade_2(O_1) \geq utilidade_2(O_2)$, isto é, se um dos agentes achar que a oferta do outro agente é tão boa, ou melhor, do que a feita por ele;

Se nenhum acordo for alcançado, então o mediador inicia uma nova rodada de propostas simultâneas. Sendo que, na rodada

$r + 1$, nenhum agente pode propor algo menos interessante para os outros agentes do que a sua oferta na rodada r ,

Se nenhum agente fizer uma concessão em alguma rodada $r > 0$, então o mediador termina a negociação, sem alcançar um acordo entre as partes.

A qualquer momento os agentes negociadores podem desistir da negociação. Sendo este o caso, devem avisar ao agente mediador que tratará de excluí-lo do grupo de negociação e informar os demais negociadores. Também é função do agente mediador verificar a regra de finalização da negociação em caso de não haver o fechamento de negócio evitando assim *live locks*, ou seja, os agentes entrarem em negociação sem conseguir chegar a um denominador comum.

Em caso contrário, de fechamento de negócio, os agentes avisam ao mediador que trata de informar ao grupo sobre a finalização desta negociação. Além disso, o mediador deve ainda informar os usuários dos agentes envolvidos nessa negociação, pois são eles que irão fechar efetivamente a transação. Isto caracteriza o processo como de apoio à tomada de decisão, pois os agentes não fecharão efetivamente a negociação. A transação será concluída, ou não, por agentes humanos, no caso, os usuários proprietários dos agentes negociadores.

Os agentes negociadores devem então destruir anúncios que foram eventualmente publicados. Nesse ponto chega ao fim o tempo de vida dos agentes negociadores, que agora devem regressar aos seus *marketplaces* de origem com as informações obtidas do processo de negociação e, dando início às demais fases do ciclo de vida do sistema.

4.1.8 Conclusão

Apresentamos nesta seção os detalhes funcionais de cada componente do modelo ICS de negociação, os dados necessários e providos por eles além de suas estruturas internas as quais cada um necessita para execução de suas atribuições no processo de negociação. Vimos também como os agentes interagem entre si.

Aspectos mais ligados à implementação dos agentes aqui propostos podem ser frutos de um outro trabalho onde se podem validar as idéias apresentadas neste trabalho. A plataforma de agentes móveis SOMA mostra-se bastante eficaz para o desenvolvimento e aplicação dos agentes ora apresentados.

5 CONCLUSÃO

Nesta dissertação, propusemos a *definição* e a *operacionalização* de um Sistema de Comércio Eletrônico Inteligente baseado na modelagem do usuário, bem como a utilização do paradigma de agentes móveis inteligentes, com a finalidade de oferecer suporte à tomada de decisões em ambientes empresariais que fazem uso do comércio eletrônico entre empresas.

Definimos as funcionalidades básicas do sistema. Descrevemos os agentes componentes do sistema e os seus respectivos comportamentos, além das restrições inerentes ao ambiente necessário à execução destes agentes. Definimos como o processo de negociação se inicia e finaliza; e determinamos as informações necessárias para realização do processo de negociação.

A utilização de um sistema de comércio eletrônico baseado no perfil do usuário, e explorando o paradigma de agentes móveis podendo tomar decisões racionais, traz muitos benefícios para as empresas interessadas em inovações tecnológicas deste valor, tais como:

Aumento do poder de delegação de tarefas por parte do usuário. Ter um agente para buscar oportunidades de negócios, e com uma probabilidade muito maior de satisfazer suas necessidades, comparado aos serviços comércio eletrônico, poupa tempo do usuário que poderá dedicar-se a outras atividades na sua empresa;

no ICS, procuramos idealizar uma arquitetura que tivesse um custo pequeno para o usuário final, viabilizando a implantação do referido sistema em empresas de médio e até pequeno porte;

por ser baseado em agentes móveis, esse sistema apresenta maior tolerância a falhas e pode funcionar adequadamente em condições de rede pouco confiáveis;

Como proposta para trabalhos futuros, a curto e médio prazo, pode-se listar:

Uso de um repositório distribuído para as bases utilizadas no *matchmaking* e na fase de negociação do ICS;

Desenvolvimento de um processo de negociação mais robusto baseado na certificação e classificação dos produtos;

Aperfeiçoar a elaboração de estratégias de negociação para os agentes negociadores;

Desenvolver um protótipo para validar as idéias aqui apresentadas implementando cada um dos agentes e suas interações;

Efetuar testes em larga escala deste protótipo;

Integrar os agentes da negociação com os demais agentes componentes do ICS.

REFERÊNCIAS

- A. L. ALBERTIN. **Comércio eletrônico**: modelos, aspectos e contribuições de suas aplicações. São Paulo: Atlas, 2001.
- ALEXAKI, V. et al. **The ICS-FORTH RDFSuite**: Managing Voluminous RDF Description Bases, Proceedings of the Second International Workshop on the Semantic Web. SemWeb'2001. May 2001.
- MAS-COLELL, Andreu; WHINSTON, Michael; GREEN, Jerry R. **Microeconomic Theory**. Oxford: Oxford University Press, 1995.
- BARTOLINI, C.; PREIST, C. **A Framework for Automated Negotiation**. HP Labs Technical Report. 2001.
- BECHHOFFER, S.; HORROCKS, I.; GOBLE, C.; STEVENS, R. **OilEd**: a Reason-able Ontology Editor for the Semantic Web. Proceedings of KI2001, Joint German/Austrian conference on Artificial Intelligence. Springer-Verlag LNAI, Vienna, v. 2174, p. 396-408, September, 2001.
- Berners-Lee, T. et al. The Semantic Web, **Scientific American**, May 2001.
- Broekstra, J. et al. Enabling knowledge representation on the Web by Extending RDF Schema. In: **Proceedings of the Tenth International World Wide Web Conference (WWW10)**, Hong Kong, May 2001.
- CAMERON, Debra. **Eletronic commercer**: the new business plataform of the Internet. Charleston: Computer Tecnology Research Corp., 1997.
- CORRADI, A. et al. Mobile Agent Integrity for Eletronic Commerce Applications. **Information Systems**, v. 24, n. 6, 1999.
- DASGUPTA, P. et al. MAgNET: mobile agents for networked electronic trading, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, v. 11, n. 4, July/Aug, p. 509-525. 1999.
- DATE, Chris. **An Introduction to Database Systems**. 7. ed. Addison Wesley, 1999.
- FENSEL, D. **Ontologies**: silver bullet for knowledge management and electronic commerce. Berlin: Springer-Verlag, 2001.
- FENSEL, D. et al. OIL: Ontology Infrastructure to Enable the Semantic Web. **IEEE Intelligent Systems**, v. 16, n. 2, 2001.

FONSECA, Luis C. et al. ICS-An Agent Mediated E-Commerce System. To appear in the proceedings of 5th International Conference On Enterprise Information Systems, Angers – France, p.23-26, april, 2003.

FUNDENBERG, D. et al. Game Theory. **The MIT Press**, Cambridge, Massachusetts, 1991.

GRUBER, T. A Translation Approach to Portable Ontology Specifications. Knowledge Systems Laboratory. Stanford University, Stanford, CA, **Technical Report KSL**, p.92-71.

GUARINO, N. Formal Ontology and Information Systems. In: Guarino, N. (Ed.) Formal Ontology in Information Systems, **IOS Press**, Amsterdam, Netherlands, p. 3-15, 1998.

JANUZZI, G.F. **Sistema cliente para Comércio Eletrônico “Business-to-Consumer” baseado em agentes**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas e Computação), Instituto Militar de Engenharia, 2001.

JENNINGS, N. R. et al. Using intelligent agents to manage business processes. In First International Conference on the Practical Application of Intelligent Agents and Multi-Agent Technology (PAAM-96), p. 345–360. April 1996.

JENNINGS, N.R. ; WOOLDRIDGE, M. **Applications of intelligent agents**. 1998.

JENNINGS, N.;WOOLDRIDGE, M. Agent-oriented software engineering. In: **Handbook of Agent Technology** (ed. J. Bradshaw) AAAI/MIT Press. 2000.

KALAKOTA, W. A. **Electronic Commerce: a Managers’s Guide**. New York: Addison-Wesley, 1997.

KREPS, D. M. **A course in microeconomic theory**. Princeton: Princeton University Press,1990.

LABIDI, Sofiane et al. Cooperation and Temporal Organization in Workflow Management. In the Proceedongs of the 2000 International Conference on Artificial Intelligence (IC-AI’2000). **World Scientific Engineering Society**, Las Vegas, USA. June, 2000.

LABIDI, Sofiane et al. **Intelligent B2B Commerce System**. In the textbook Techno-Legal Aspects of Information Society and New Economy: an Overview, Formatex. 2003.

MARGHERIO, L. **The emerging digital economy**. U.S. deppartment of Commerce. Washington, 1998. Disponível em: <<http://www.ecommerce.gov>>.

MASKIN, Eric S. The theory of implementation in Nash equilibrium: a survey. In: HURWICZ, Leonid; SCHMEIDLER, David; SONNENSCHNEIN, Hugo. **Social Goals and social organization: essays in memory of Elishna Pazner**. Cambridge: Cambridge University Press, p. 173-204. 1985.

MIT. Massachusetts Institute of Technology. web page. 2003. Disponível em: <URL: <http://www.mit.edu/>>.

MEIRA JR, W.; MURTA, C.D.; RESENDE, R.S.F. **Comércio eletrônico na WWW**. São Paulo: Escola de Computação do Instituto de Matemática e Estatística; Universidade de São Paulo, 2000.

MUKHERJEE R. et al. **Analysis of domain specific ontologies for agent-oriented information retrieval**. In the working notes of AAAI 2000 Workshop on Agent Oriented Information Systems, Austin, TX. 2000.

MULLER, Eithan et al. Strategyproofness: the existence of dominant strategy mechanisms. In: HURWICZ, Leonid, SCHMEIDLER, David; SONNENSCHNEIN, Hugo. **Social Goals and social organization: Essays in memory of Elishna Pazner**, chapter 5, Cambridge University Press, p. 131-172, 1985.

MYERSON, Roger B. Bayesian equilibrium and incentive compatibility. In: HURWICZ, Leonid, SCHMEIDLER, David; SONNENSCHNEIN, Hugo. **Social Goals and social organization: Essays in memory of Elishna Pazner**, chapter 5, Cambridge University Press, p. 229-260, 1985.

NASH, John. Equilibrium points in n-person games. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.35, p.48-49, 1950.

OMENAYENKO, B. et al. **The Semantic Web: Yet Another Hip?** To appear in Data and Knowledge Engineering, 2002, 6.10.01 1 Division of Mathematics Computer Science, Vrije University.

OMG. The Object Management Group, The mobile agent system interoperability facility, OMG TC Document orbos/Jan/2000. URL: <http://www.omg.org>.

PARUNAK, H. Van Dyke; ODELL, James. Representing Social Structures. In: UML. Proc. of the Agent-Oriented Software Engineering Workshop, Agents 2001, Michael Wooldridge, Paolo Ciancarini, and Gerhard Weiss, (Held at the Agents 2001 conference, Montreal, Canada), 2001.

PEPPERS, D.; ROGERS, M. **Marketing um a um**. Rio de Janeiro: Editor Campus. 1994.

POSTLEWAITE, Andrew. Implementation via Nash equilibria in economic environments. In: HURWICZ, Leonid; Schmeidler, David; Sonnenschein, Hugo. **Social**

Goals and social organization: Essays in memory of Elishna Pazner, chapter 7, Cambridge University Press, p.205-228, 1985.

RASMUSEN, E. **Games and Information.** Basil Blackwell, 1989.

ROSENSCHEIN, J. et al. **Rules of Encounter.** Cambridge, Massachusetts, MIT Press, 1994.

RUSSELL, S. J.; NORVING P. **Artificial intelligence a modern approach.** Prentice Hall. 1995.

SANDHOLM, T. **Negotiation among Self-Interested Computationally Limited Agents.** University of Massachusetts, Amherst, 1996.

SANDHOLM, T. W.; LESSER, V. R. Issues in automated negotiations and electronic commerce: extending the contract net framework. In: Proceedings of the First International Conference on Multi-Agent Systems (ICMAS), San Francisco, CA, p. 228-235, 1997, June 1995.

SANDHOLM, T. Distributed Rational Decision Making. In the textbook Multiagent Systems: A Modern Introduction to Distributed Artificial Intelligence, Weiß, G., MIT Press. p. 201-258. 1999.

SMITH, B. An Introduction to Ontology. In: PEUQUET, D.; PEUQUET, B.; BROGAARD, B. (Eds.). **The Ontology of Fields**, NCGIA, Bar Harbor, ME. p. 10-14.

SOARES, F.C.; FILHO, C.G.; ALBERTO, C.; SANTOS, N.C.E. **Comércio eletrônico na Internet:** uma pesquisa exploratória no mercado Consumidor. In: AMPAD, Universidade Federal de Minas Gerais, 1998.

TSVETOVATYY, M. et al. MAGMA: an Agent-Based Virtual Market for Electronic Commerce. **Journal of Applied Artificial Intelligence, special issue on Intelligent Agents**, v. 11, n. 6, 1997

WOOLDRIDGE, N. R. Jennings; SYCARA, Katia; WOOLDRIDGE, Michael. **A Roadmap of Agent Research and Development, Autonomous Agents and Multi-Agent Systems**, n.1, Boston: Kluwer Academic Publishers, p. 275-306, 1998,

WOOLDRIDGE, M. Intelligent Agents In: WEISS, G. **Multiagent Systems**, The MIT Press, p. 27-77, April 1999.

WURMAN, P. Welleman. **Market Structure and Multidimensional Auction Design for Computational Economies.** Tese de PhD, Universidade de Michigan, 2000.

W3C. World Wide Web Consortium. Web page. 2003. Disponível em:
<URL:<http://www.w3.org/>>.