

3 Componentes e Arquitetura

O aumento dos leilões eletrônicos tem estimulado o seu uso para o comércio de bens e serviços entre negociadores e consumidores na Web. Existe uma grande variedade de bens negociados na Web, sendo a grande maioria tratada separadamente, sob diferentes condições. Porém, muitos produtos só fazem sentido se vendidos em conjunto com outros bens. Surge então a necessidade de agrupar produtos negociados em leilões para satisfazer clientes.

A negociação dos bens através de leilões se dá de diferentes maneiras. A Internet também suporta os vários tipos de leilões existentes. Por exemplo, no leilão inglês o detentor do último e mais alto lance, arremata o produto negociado. Enquanto que no leilão Alemão, o leiloeiro inicia oferecendo o produto por um alto valor e em seguida reduz continuamente o preço até que alguém esteja disposto a pagar pelo preço corrente.

Além das distintas maneiras de negociação dos mais variados bens, também existem diferentes necessidades e exigências de compra influenciadas pelo mercado consumidor. Os clientes possuem características de consumo que dependem da cultura, do lugar em que vivem, das condições climáticas, do poder aquisitivo, entre outros fatores.

Esta dissertação apresenta um sistema multi-agente para negociação em leilões simultâneos. Ele trabalha com diferentes tipos de leilões, nos quais os bens negociados são inteiramente relacionados. Foram construídas diferentes estratégias, sempre levando em consideração o comportamento do mercado consumidor.

Neste capítulo, mostramos um resumo sobre os principais tipos de leilões e suas formas de negociação. Também apresentamos alguns exemplos de como o mercado influencia nos preços dos bens nos leilões. Ainda neste capítulo

introduziremos a agência SIMPLES. Aqui, não nos preocupamos em descrever o TAC, ambiente de testes da agência. Deixamos todo o capítulo 2 para tal assunto.

3.1 Estrutura da Oferta

Nesta seção são mostrados os bens e serviços da oferta, bem como uma breve apresentação dos protocolos de compra e venda através de leilões. A última subseção mostra como os preços dos bens em leilões se relacionam de acordo com a demanda e com a escassez.

3.1.1 Bens e Serviços

O aumento dos leilões eletrônicos tem estimulado o seu uso para o comércio de bens e serviços entre negociadores e consumidores na Web. Existe uma grande variedade de bens negociados na Web, sendo a grande maioria tratada separadamente. Porém, muitos produtos só fazem sentido se vendidos em conjunto com outros bens. Surge então a necessidade de agrupar produtos negociados separadamente em leilões para satisfazer clientes.

Recentemente, temos observado um crescimento na popularidade de leilões de vários tipos. Este desenvolvimento ocorreu em vários contextos como privatizações governamentais, sites na internet, sistemas multi-agente, entre outros. A expansão dos leilões também aumenta a complexidade dos mesmos, tornando relevante a automação de mecanismos para negociação.

Os sites na internet negociam os mais variados tipos de produtos. Sites como *eBay* (eBay, 2003) oferecem desde objetos de antiguidades, carros, roupas, brinquedos, materiais de escritório, até serviços profissionais. Quase todos os produtos são negociados separadamente. Contudo, a negociação de um conjunto de bens muitas vezes torna-se indispensável.

Um exemplo simples de produto que exige a negociação de vários componentes é a compra de um computador com os seus respectivos acessórios. O

mesmo acontece quando desejamos adquirir, por exemplo, uma máquina fotográfica, cujos acessórios, como flash e tripé são negociados ao mesmo tempo em leilões separados. No TAC, isto se reflete na negociação dos pacotes de viagem, incluindo passagens aéreas, diárias em hotéis e ingressos de diversão.

A compra e venda de bens e serviços relacionados têm ganhado um espaço relevante no comércio eletrônico. Neste trabalho apresentamos heurísticas para negociação de pacotes de viagem, onde todos os produtos se relacionam através de restrições impostas pelo TAC.

3.1.2 Protocolos de Compra e Venda

O crescimento e popularidade dos leilões fazem com que surjam variações da forma em que os bens são negociados. O leilão mais tradicional é o *Leilão Inglês*. Nele, um produto é oferecido por um valor mínimo inicial. Os interessados naquele produto fazem sucessivos lances a partir do valor mínimo. O detentor do lance mais alto arremata o produto. No Leilão Inglês os lances são abertos, ou seja, todos os participantes sabem quem faz lances e os seus valores.

O *Leilão Alemão* também é um leilão do tipo aberto. Nele, o possuidor do bem a ser oferecido começa a oferece-lo por um alto valor. Em seguida, ele diminui o preço sucessivas vezes até que algum comprador faça um lance pelo preço corrente.

Outro leilão bastante utilizado é o *Leilão de Primeiro Preço*, onde o detentor do maior lance arremata o produto. A diferença para o Leilão Inglês é que aqui, os compradores fazem lances uma vez sem conhecer os lances dos demais competidores. Esta classe de leilão é conhecida como leilão de lance fechado. Nela, muitas vezes o leilão se torna vantajoso para o vendedor.

O *Leilão Vickrey* (Vickrey, 1961), ou *Leilão de Segundo Preço*, também pertence a classe dos leilões de lances fechados. Este leilão se diferencia do anterior apenas pelo o valor pago ser o segundo maior lance.

Existem diversos estudos sobre o comportamento de agentes em leilões. Milgrom (Milgrom, 1982) e (Milgrom, 1989) fez alguns estudos nessa área e (Andrade, 2002) resume estes estudos.

Para o nosso trabalho é importante saber os relatos do estudo acima no Leilão Inglês, que é o principal tipo de leilão utilizado no TAC. Milgrom fala que os agentes devem ir aumentando o seu lance em relação ao último lance até que a sua valoração do item seja atingida. Quando isto ocorre, os agentes devem parar.

Nesta seção, fizemos um breve estudo dos protocolos de negociação através de leilões com o objetivo de melhor apresentar o contexto deste trabalho. No capítulo 6, apresentamos as nossas abordagens para os leilões do TAC.

3.1.3 Evolução de Preços e Estoques

Quando a procura por um determinado produto é maior do que a sua disponibilidade no mercado, existe uma grande tendência para que o preço do mesmo cresça. Nos leilões, temos comportamentos similares quando muitos compradores desejam adquirir um bem escasso. Neste caso, a disputa pelo bem leilado é bastante acirrada e o bem se torna caro.

Na primeira edição do TAC, os preços das passagens quase não variavam durante as instâncias de jogo. As passagens possuem um fornecimento ilimitado, ou seja, existem vagas a qualquer momento do jogo com pouca variação de preços. Logo, não havia incentivo para que os agentes adquirissem suas passagens até o final das instâncias. Estas regras foram modificadas para o TAC-01, de forma que os preços das passagens tendessem a crescer bastante durante a instância. Tal atitude beneficiou os agentes que adquiriam passagens no início dos leilões com uma economia, como no caso do *LivingAgent*, o vencedor da segunda edição da competição.

Outro fenômeno observado no TAC-00 exemplifica o comportamento dos preços em função dos estoques. Nesta edição, todos os hotéis fechavam ao mesmo tempo no final da instância de jogo. A procura pelos dias 2 e 3 (considerados

como alta estação) é maior do que nos dias 1 e 4 (baixa estação). Isto fazia com que os preços de fechamento destes leilões fossem relativamente mais caros que os da baixa estação.¹¹

Mesmo após as modificações nas regras do TAC para a segunda edição, os dias 2 e 3 continuavam com preços mais elevados que os dias 1 e 4. A diferença das regras destas duas edições dizem respeito apenas ao horário de fechamento dos leilões e não diminuem a procura pela alta estação. A mudança do horário de fechamento fez com que os agentes expressassem desde cedo as suas preferências, emitindo altos lances desde o início da instância de jogo.

Esta seção apresentou exemplos de como os preços dos produtos se comportam em função dos seus estoques. Este comportamento exige a análise detalhada da oferta e demanda antes da elaboração de estratégias de negociação. Nos capítulos 4 e 5, estudamos as regras de negociação dos bens, a quantidade de produtos disponíveis, assim como o mercado de interesse nos bens do TAC.

3.2

Características da Demanda

Nas seções anteriores, foi feita uma introdução sobre os bens negociados, bem como a forma de negociação. Esta seção examina a clientela e o mercado de interesse em tais bens.

3.2.1

Clientela

A economia de regiões e países é fortemente influenciada pelos costumes, religião, necessidades e hábitos da população de um local. Antes que produtos sejam lançados no mercado, são feitas análises para verificar se tal produto será consumido pelas pessoas que ali vivem. Desta forma, as características dos clientes possuem um papel fundamental na oferta e procura de produtos.

¹¹ O estudo detalhado da demanda é realizado no capítulo 5.

No TAC, os clientes expressam suas características através de preferências de viagens. Eles especificam a suas datas pretendidas para viagem e oferecem bônus por se hospedar em hotel de luxo e por participar de eventos de diversão.

As pessoas podem ser classificadas por suas regiões, como também por sua classe social, seus diferentes gostos e níveis de exigências, entre outros fatores que distinguem suas características. A separação da população quanto às suas características permite melhor elaborar estratégias para atender às suas necessidades de consumo.

Portanto, propomos uma separação da clientela por seus atributos. No TAC, podemos classificar os cliente pelo período que ele deseja viajar, como também por sua renda representada pelos bônus. Esta segmentação é apresentada no capítulo 5.

3.2.2 Mercado

O mercado de leilões é composto principalmente por consumidores, fornecedores ou leiloeiros, produtos e regras de negociação dos mesmos. Os produtos são colocados em negociação pelos fornecedores. Os consumidores tentam adquirir os produtos de seu interesse obedecendo a regras impostas pelos leiloeiros e as relações de dependência entre os bens.

O servidor de leilões funciona como fornecedor dos produtos relacionados. Cada produto do mercado de turismo possui um estoque associado. Os clientes informam aos agentes os seus interesses nos produtos oferecidos. Os interesses provocam diferentes níveis de concorrência entre os bens, movimentando o mercado e gerando disputas. Os agentes são intermediários entre os fornecedores e consumidores. Eles fazem o papel de distribuidores ou varejistas: compram no atacado e vendem no varejo, oferecendo pacotes de bens.

Assim como empresas fazem estudo do mercado, especialmente de estratégias adotadas por concorrentes, o mesmo foi feito para construção da agência SIMPLES. Analisamos as abordagens de vários participantes das edições

anteriores do TAC antes de inseri-la no mercado competidor de pacotes de viagem. Também estudamos a maneira como os bens são negociados e sua demanda.

O estudo do contexto em que um agente de negociação é inserido é fundamental para o sucesso do mesmo. Fizemos análises específicas para o TAC. Outras análises devem ser efetuadas para outros mercados em que agentes são projetados, uma vez que todo o contexto pode ser diferente.

3.3 Agentes de Negociação

Quando falamos de um agente de negociação, nos referimos ao software que negocia bens combinados em múltiplos mercados em nome de um ou mais clientes, baseado em preferências expressadas ou eliciadas pelo cliente. O software do agente de negociação pode potencialmente lidar com complexas combinações de bens, grande número de produtos e mercados, uma larga escala de tipos do mercado, além de mercados que mudam rapidamente com os bens mais escassos do que consumidores.

A agência apresentada neste trabalho compete com outros agentes, através de leilões simultâneos, por bens relacionados, atendendo às exigências de uma clientela. Relativo a seus clientes, os agentes de negociação têm que resolver um problema de alocação, onde os bens disponíveis a um agente devem ser empacotados e entregues aos clientes. Este problema aparece normalmente quando os leilões são encerrados e os agentes devem distribuir os bens adquiridos entre os seus clientes. Portanto, um agente de negociação bem sucedido deve empregar técnicas de programação inteira para resolver tal problema NP-Completo.

A Figura 3-1 apresenta uma versão esquemática do ambiente em que um agente de negociação opera. Além disso, destaca a importância da negociação e seus possíveis elementos de implementação.

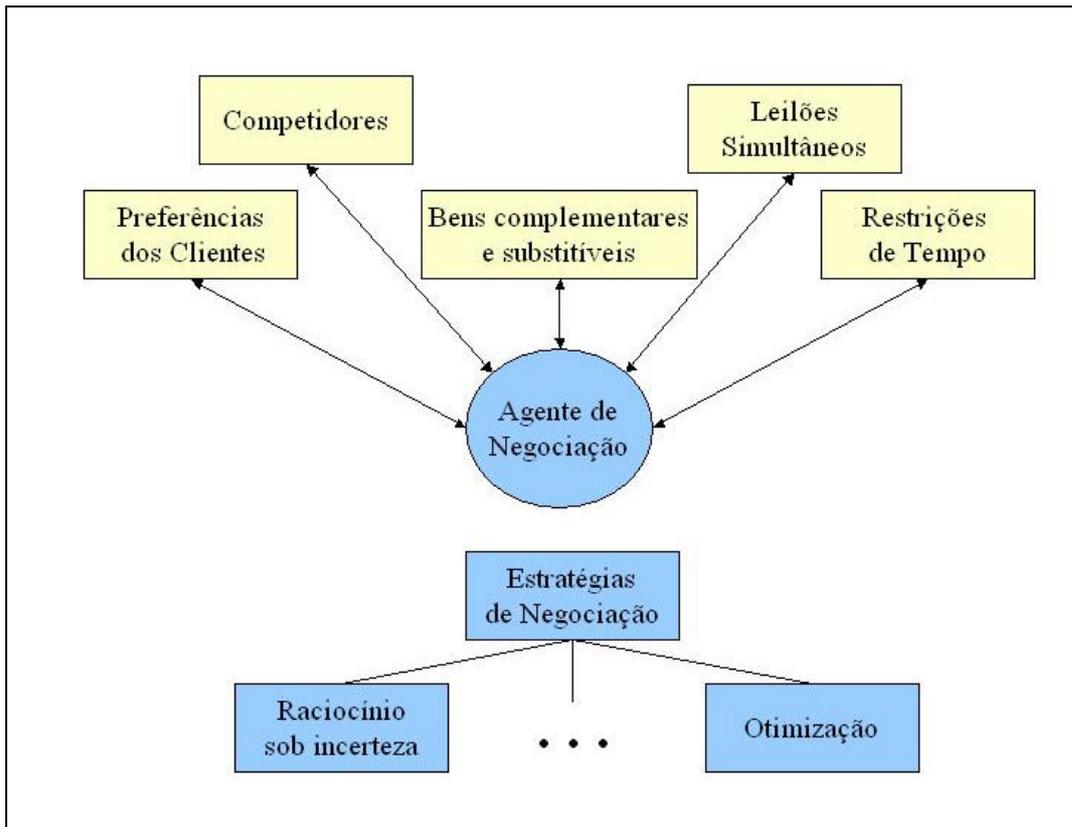


Figura 3-1: Ambiente em que o agente de negociação opera.

3.4 A Agência

A agência SIMPLES é um agente de negociação que opera no ambiente apresentado na seção anterior. O objetivo da agência é satisfazer ao máximo as demandas da sua clientela, adquirindo¹² os bens através de leilões.

Uma arquitetura multi-agente foi elaborada com base na Arquitetura Multi-agente para negociação (Robichez et. al., 2002). Alguns problemas bem conhecidos em negociação foram identificados no projeto da arquitetura do sistema, tais como alocação de bens, predição de preços, tomadas de decisão e segmentação de demanda. Cada agente que compõe o sistema trata um subproblema específico. Isto torna possível a aplicação de diferentes técnicas de computação para resolver os subproblemas separadamente e depois combinar as

¹² A agência também pode oferecer alguns bens adquiridos, se isto for interessante para a mesma.

soluções. Aqui, descrevemos brevemente cada um dos agentes que compõe a agência, com seus objetivos. O capítulo 6 detalha as estratégias e técnicas utilizadas na implementação de cada um dos agentes.

Foi feita uma análise da oferta e da demanda do mercado antes do desenvolvimento da agência. Tal análise verifica os pontos críticos dos leilões, ou seja, de maior concorrência, como também segmenta os clientes quanto à facilidade de atendimento das suas preferências de viagem.

A implementação da agência envolve sete tipos de agentes, a saber: Sensor, Segmentador de Demanda, Segmentador de Pacotes, Alocador, Supervisor, Ordenador e Negociador.

A agência também utiliza um modelo de programação inteira, junto com um *solver* comercial, para auxiliar nas tomadas de decisões de compra e venda dos bens. Portanto, observa-se que na construção da agência SIMPLES, foi desenvolvido um sistema multi-agente que envolve uma variedade de conceitos de algoritmos, engenharia de software e inteligência artificial.

3.4.1 Compras no Atacado, Vendas no Varejo

A agência possui um papel de intermediário entre os produtores e os consumidores. Ela recebe as solicitações de bens relacionados dos clientes e tenta adquiri-los através de leilões simultâneos. Quando os leilões são encerrados, ela repassa os bens para os clientes.

Durante as negociações, a agência não trata individualmente a demanda de cada cliente. Ela negocia todos os pedidos em conjunto. Por exemplo, suponha que um cliente solicite duas unidades de um produto A e três do produto B,

enquanto que outro cliente solicita cinco unidades de A e uma de B. A agência irá negociar, sem distinções¹³ sete unidades do produto A e quatro do produto B.

A negociação de produtos em conjunto pode permitir a redução dos preços, todavia não dá muita flexibilidade quando se oferece o mesmo valor para todos. A agência SIMPLES adota estratégias auxiliares para as situações em que não possui capital suficiente para arrematar todos os bens pelo mesmo valor. A descrição de tais estratégias é feita no capítulo 6.

Depois que os leilões são encerrados e a agência tem conhecimento de todos os bens arrematados, ela repassa esses bens para os seus clientes individualmente. Caso a agência não possua quantidade suficiente de bens para atender a toda sua clientela, ela seguirá algum critério de prioridade na distribuição ou venda dos mesmos. Tal critério normalmente é baseado nos valores que os clientes pagam por seus bens e nas datas pretendidas para a viagem.

3.4.2 Multi-Agente

Na agência SIMPLES foram desenvolvidos sete tipos de agentes: Sensor, Segmentador de Demanda, Segmentador de Pacotes, Alocador, Supervisor, Ordenador e Negociador. A Figura 3-2 ilustra uma visão geral da agência. Os agentes são representados pelas faces sorridentes ☺.

Modificações foram feitas no modelo proposto por (Robichez et. al., 2002) para que a arquitetura se adaptasse aos problemas identificados na negociação. Os agentes Segmentadores, Supervisor e Alocador foram acrescentados na nossa agência, assim como um solucionador de modelos de programação inteira.

¹³ Podem ocorrer distinções entre negociações das unidades de um conjunto de bens se houver necessidade de garantir uma quantidade mínima, ou se os clientes que as solicitam possuem diferentes características.

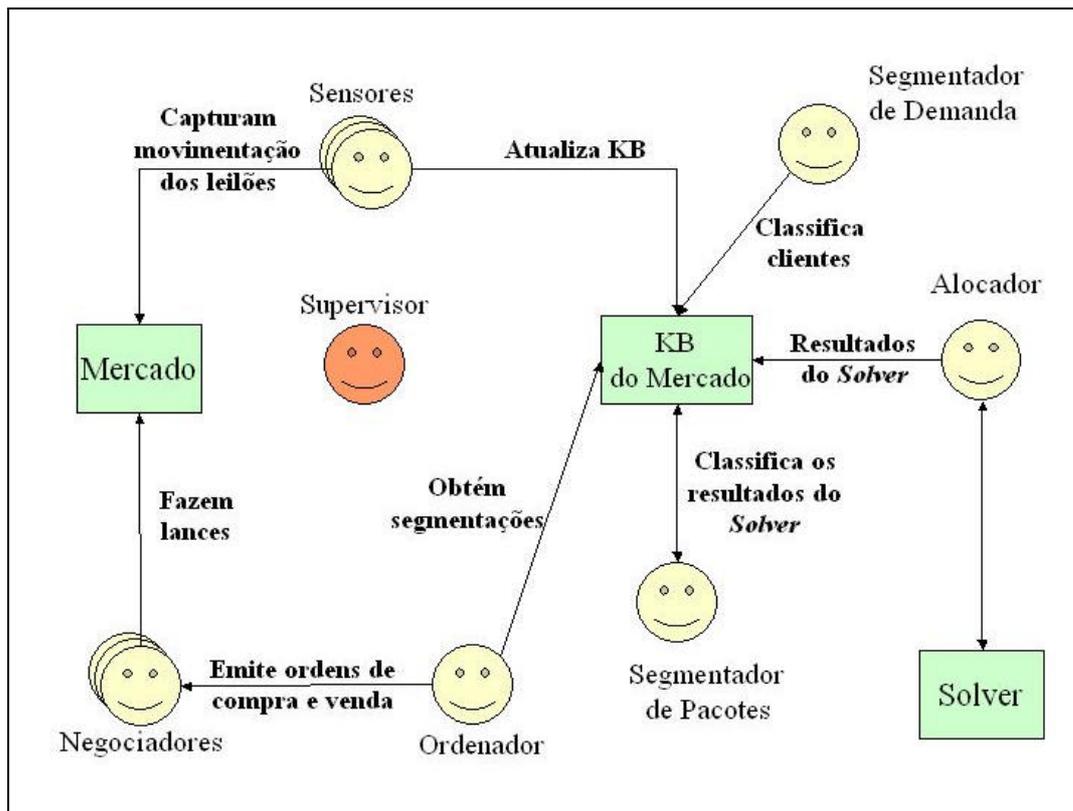


Figura 3-2: Agência SIMPLES

Os *Sensores* são responsáveis por coletar informações do “mundo externo”¹⁴ e por construir uma representação interna dos dados importantes, chamada Base de Conhecimento do Mercado – KB do Mercado. Os dados coletados por estes agentes são utilizados nas estratégias desenvolvidas em toda agência. Os sensores são seletivos no sentido de que coletam apenas as informações de relevância para uso dos demais agentes.

O *Segmentador de Demanda* separa a clientela por suas características, facilidades ou dificuldades, renda, ou qualquer outro critério que diferencie os clientes entre si. A segmentação da clientela pode influenciar as tomadas de decisões nas negociações. Por exemplo, pode ser dada prioridade para aquisição dos bens de um tipo especial de consumidor.

¹⁴ O mundo externo é constituído pelos leilões e clientes virtuais, como também por qualquer dado relevante ao mecanismo de negociação da agência.

O *Alocador* faz a comunicação com o *solver*¹⁵ que soluciona o modelo de programação inteira. O *Alocador* passa os dados armazenados na KB do Mercado necessários para execução do modelo, que retorna um conjunto de bens que devem ser adquiridos pela agência. Os resultados do *solver* são utilizados como base nas tomadas de decisões de compra e venda.

O *Segmentador de Pacotes* tem como objetivo separar os pacotes de bens gerados pelo *Alocador* de acordo com as pontuações de cada um. A separação dos pacotes tem como principal objetivo identificar os bens em comum nos pacotes que possuem altas pontuações.

O agente *Ordenador* é responsável por enviar as ordens de compra e venda para os agentes negociadores. Ele calcula as quantidades, preços e importância dos bens baseado nos resultados do *solver*.

O *Supervisor* é responsável por iniciar a Agência. Ele espera pelo início dos leilões e inicializa os demais agentes. Os agentes interagem de forma independente, possibilitando descentralização do controle da agência.

Os *Negociadores*, por sua vez, executam as ordens do *Ordenador*. São esses agentes que se comunicam com os leilões, enviando lances ou oferecendo produtos. O *Ordenador* envia todos os parâmetros necessários para os *Negociadores* participarem dos leilões, que seguem então as ordens de compra de forma a maximizar o seu desempenho.

Os agentes foram preliminarmente descritos aqui. Maiores detalhes serão apresentados mais adiante, no capítulo 6, especificando as heurísticas utilizadas no ambiente de teste, o TAC.

¹⁵ O *solver* utilizado foi o XPRESS (XPRESS, 2003). É um pacote comercial que resolve o modelo de programação inteira utilizado pela agência.

3.4.3 Inteligência de Mercado

A agência SIMPLES é mais do que um simples programa, pois utiliza uma série de conceitos de várias áreas da Ciência da Computação. Ela engloba aplicação de Algoritmos, Inteligência Artificial, Comércio Eletrônico e Engenharia de Software.

Antes da elaboração das estratégias de negociação, nos preocupamos em estudar os consumidores e a oferta do mercado. Esta etapa do trabalho é específica do domínio escolhido para testar a agência, no nosso caso, o TAC. Todavia, a análise da oferta e demanda é uma importante tarefa para a grande maioria dos domínios no comércio. Portanto, a agência leva em consideração nas negociações a sua clientela, como também o comportamento do mercado.

A agência toma decisões de compra e venda durante os leilões. As decisões levam em consideração um conjunto de fatores recebido antes do início dos leilões, como as solicitações de seus clientes, e outros fatores decorrentes do comportamento do mercado competidor que influencia diretamente os valores dos leilões. Diante de tais fatores, a agência precisa adaptar suas decisões no decorrer dos leilões. Para auxiliar nas tomadas de decisões, construímos um modelo de programação inteira que retorna um conjunto de bens que deve ser negociado.

Com base nos resultados do *solver*, que executa o modelo de programação inteira, foram criadas várias heurísticas para emissão de ordens de compra e venda. É importante ressaltar que o *solver* não decide sozinho tudo o que deve ser negociado pela agência, os seus resultados são a base do raciocínio da agência.

Algumas das técnicas utilizadas para inteligência do sistema são descritas nas seções seguintes. Os detalhes da sua implementação são apresentados no capítulo 6 depois que as análises da oferta e da demanda forem descritas.

3.4.3.1 Segmentação de Demanda

Os clientes possuem diferentes características. Seus atributos tornam alguns consumidores mais interessantes que outros. Por exemplo, o alto poder aquisitivo é um fator que faz um cliente bastante interessante ao mercado.

A agência leva em consideração algumas características de sua clientela priorizando as solicitações daqueles que se mostram mais atrativos. Portanto, antes de começar a negociar, a agência separa os seus clientes de acordo com os seus atributos. Tais atributos são aqui expressos através de valores. A agência recebe a informação de quanto um cliente deseja ou está disposto a pagar por um bem específico. Por exemplo, o cliente A está disposto a pagar \$50.00 por um ingresso para ir ao *Museum*. Já o cliente B pode pagar até \$150.00. Neste caso, a agência vai se esforçar para garantir pelo menos um ingresso, o do cliente B.

Outro fator levado em consideração é o período de compra dos clientes. O cliente pode optar por períodos concorridos de compra, ou altas estações de viagens. Por exemplo, o mesmo cliente A paga apenas \$50.00, aceita visitar o *Museum* num dia de pouca movimentação. Enquanto que o cliente B prefere visitá-lo num sábado.

Para distinguir os clientes por suas demandas, foram criadas três classificações denominadas: fácil, média e difícil. Logo, antes de iniciar as negociações, os clientes são colocados nas classes correspondentes ao seu perfil. Os bens solicitados pelos clientes das diferentes classes possuem diferentes tratamentos. A agência dá maior prioridade de negociação aos bens dos clientes da classe “fácil”.

No capítulo 5, ilustramos, utilizando o TAC, como esta segmentação foi feita para o mercado consumidor do ambiente de testes.

3.4.3.2 Focalização da Oferta

O objetivo da focalização da oferta é observar os bens que estão sendo oferecidos e como estão sendo negociados. Depois que observamos a estrutura da oferta na sessão 3.1, precisamos avaliar se há bens disponíveis para o mercado consumidor, como também a dificuldade de aquisição devido ao seu protocolo de negociação.

Nesta dissertação, trabalhamos com três situações diferentes de como os bens são colocados para o mercado consumidor. Na primeira delas, há um número suficiente de bens para atender toda a clientela. A segunda situação trabalha com um número insuficiente de bens diante do número de consumidores. Neste caso, há sobras em um período, enquanto existem carências em outros. Já na terceira e última situação, os sistemas de negociação recebem variados produtos e podem revendê-los. Alguns produtos recebidos podem não interessar ao sistema, sendo interessante vendê-los, através de leilões para outros sistemas.

Estudamos também três diferentes protocolos de negociação associados as três situações dos estoques descritas acima. Todos os três tipos de leilões possuem tempo fixo para término. O primeiro deles, em que não há limite no estoque, oferece os bens por valores que seguem uma função estocástica. Já o segundo, inicia os valores dos bens em \$0.00. Todavia, como há limite de bens, apenas os lances mais altos são contemplados. Já no terceiro e último tipo, os produtos são negociados por leilões duplos contínuos.

Diante destas três situações distintas, observamos os pontos críticos da oferta para a construção das heurísticas. Diferentes tratamentos foram elaborados para os protocolos, sendo apresentados ao leitor nos próximos capítulos.

3.4.3.3 Adaptação em Tempo Real

Diversos fatores influenciam as decisões de compra e venda em leilões. Quando estamos falando dos leilões tradicionais, simplesmente ponderamos o interesse no bem em oferta e seu preço corrente. Se isto for razoável, fazemos um

novo lance. Porém, aqui consideramos uma série de outros fatores, uma vez que a agência tem um papel intermediário entre produtores e consumidores.

No cenário em que a agência opera, é preciso considerar as solicitações dos clientes, os preços correntes dos produtos nos leilões, a duração do leilão, sem esquecer do relacionamento existente entre os produtos em negociação. A dependência entre os produtos implica diretamente na participação da agência nos leilões dos mesmos. Por exemplo, só adianta comprar o ingresso para um cliente visitar o *Museum* em Tampa, se o mesmo cliente tiver a passagem aérea garantida.

A agência precisa adaptar suas decisões diante do cenário corrente em que ela opera. Por isso, desenvolvemos um modelo de programação inteira para auxiliar nos processos de tomadas de decisões. A agência fornece ao modelo as solicitações dos clientes, os preços correntes dos leilões e os bens já arrematados. O modelo retorna um conjunto de produtos, os quais compõem os pacotes de viagem, que devem ser adquiridos de forma que maximize o lucro da agência. O lucro é calculado pelo valor que o cliente está disposto a pagar por um produto menos o custo que a agência teve para arrematá-lo nos leilões. Se um cliente, por exemplo, solicitar um ingresso por \$50.00 e a agência conseguir obtê-lo por apenas \$30.00. Logo, ela terá um lucro de \$20.00.

O modelo desenvolvido inclui as restrições das dependências existentes entre os bens negociados. Então, o conjunto de produtos retornado é válido desde que toda a combinação seja adquirida. O *solver* retorna o número de unidades que a agência deve negociar em cada um dos leilões. Porém, se a agência falhar na obtenção de um dos bens, pode comprometer outro bem relacionado que tenha sido adquirido. Se a agência consegue o ingresso e a passagem aérea, mas não consegue nenhuma reserva em hotel, a viagem será impraticável¹⁶.

O modelo é executado diversas vezes no decorrer dos leilões, pois os seus atributos variam constantemente. Sempre que os preços são modificados, ou

¹⁶ Considerando que o cliente não tem amigos na cidade de destino, nem suporta qualquer outro tipo de hospedagem que não seja hotel.

quando algum leilão é encerrado, torna-se válido fazer uma nova chamada ao *solver* para obter indicações atualizadas dos bens a serem negociados.

Devido às diversas variações dos atributos do modelo, solicitamos mais de um conjunto de produtos cada vez que o executamos. O modelo não retorna apenas o conjunto mais lucrativo, e sim, os tantos conjuntos mais rentáveis. Desta forma, a agência obtém um leque de informações para utilizar nas tomadas de decisões. Por exemplo, ela pode avaliar quais os bens mais freqüentes em todos os conjuntos e atribuir uma maior importância para adquiri-los.

É importante ressaltar que o modelo foi desenvolvido para um ambiente de testes bem definido. Possíveis modificações devem ser feitas para cenários diferentes.

3.4.3.4 Data Mining

O *solver* retorna vários conjuntos de viagens mais rentáveis para a agência. Cada um destes conjuntos indica a quantidade de cada produto a ser negociado nos leilões correspondentes. Temos, então, diferentes quantidades de bens nos diversos conjuntos retornados pelo *solver*.

Assim, é conveniente extrair informações relevantes a partir dos conjuntos de pacotes de viagem e das quantidades dos produtos. Este é o papel do agente Ordenador. Ele emite ordens de compra e venda de produtos, baseado nos conjuntos de bens mais rentáveis calculados pelo *solver*.

Duas heurísticas foram escolhidas para determinar as quantidades dos itens que devem ser negociados. A primeira delas foi a média aritmética. Neste caso, simplesmente somamos as quantidades de um determinado item em todos os conjuntos e dividimos o somatório pelo número total de conjuntos. Fizemos isso para todos os itens do pacote de viagem.

A segunda heurística foi a mediana. Aqui o Ordenador calcula a freqüência das quantidades de cada bem nos conjuntos. A mediana indica a quantidade cuja soma acumulada das freqüências atinge 50% do número total de conjuntos. A

Tabela 3-1 mostra a frequência das quantidades indicadas para o exemplo da compra de passagens de ida no dia 1.

Quantidade	Frequência Relativa	Frequência Acumulada	Frequência Relativa (%)	Frequência Acumulada (%)
0	F(0)	F(0)	10	10 (1° decil)
1	F(1)	F(0)+F(1)	15	25 (1° quartil)
2	F(2)	F(0)+F(1)+F(2)	25	50 (mediana)
3	F(3)	F(0)+F(1)+F(2)+F(3)	22,5	72,5
4	F(4)	F(0)+F(1)+...+F(4)	17,5	90 (3° quartil)
5	F(5)	F(0)+F(1)+...+F(5)	6,25	96,5
6	F(6)	F(0)+F(1)+...+F(6)	3,75	100
7	F(7)	F(0)+F(1)+...+F(7)	0	100
8	F(8)	F(0)+F(1)+...+F(8)	0	100

Tabela 3-1: Exemplo das frequências relativa e acumulada por quantidade.

A linha 2 da tabela mostra que 15% dos conjuntos de resultados indicam a compra de 1 item. Enquanto que, a frequência acumulada é 25% da compra de 0 + 1 item.

Desenvolvemos algumas regras para nossas heurísticas em cima dos cálculos das frequências. Por exemplo, a agência inicia o jogo emitindo ordens de compra no 1° decil para as quantidades de quartos de hotel. Em seguida, faz lances no 1° quartil. O capítulo 7 apresenta alguns experimentos realizados com a agência que detalham e justificam as regras de negociação no ambiente do TAC. Outras heurísticas também podem ser utilizadas para extrair informações dos conjuntos de pacotes de viagens.

3.4.3.5 Aprendizado Offline

As diversas estratégias foram implementadas de forma incremental na Agência SIMPLES. Até atingirmos o estado atual do sistema multi-agente, vários experimentos foram realizados. Todos os experimentos foram feitos dentro de um ambiente de testes, que inclui o servidor de leilões do TAC, agentes de negociação e uma base de dados com os *logs* e resultados das partidas jogadas.

O treinamento da agência ocorreu por supervisão do Engenheiro do Conhecimento. Após conjuntos de testes executados, os parâmetros e heurísticas da agência são ajustados de acordo com os resultados obtidos. Os valores dos lances, o intervalo de negociação, as quantidades de produtos a serem negociados e a importância do produto são exemplos de parâmetros que podem ser ajustados pela análise dos experimentos.

O ambiente de testes pode ser facilmente estendido para incorporar um aprendizado automático offline para os diversos agentes que o compõe. Para isto, seria necessária a implementação de algum mecanismo de aprendizado. Tal mecanismo deveria ser executado após um conjunto de partidas com base nos resultados obtidos, ajustando os parâmetros de treinamento, diminuindo o trabalho do Engenheiro do Conhecimento.