

## 2 TAC

*Trading Agent Competition* é um fórum internacional projetado para promover e encorajar pesquisas de alta qualidade para o problema de negociação entre agentes.

Os agentes negociadores do TAC operam dentro do ambiente de agência de viagem, comprando e vendendo bens em leilões para melhor servir seus clientes que desejam viajar. Cada agente recebe uma carteira de clientes. Cada cliente possui um conjunto de preferências de viagem. A pontuação de cada agente é calculada baseada nas preferências dos clientes para pacotes montados pela agência e nas despesas líquidas do custo da viagem.

O TAC foi escolhido para testar as heurísticas desenvolvidas por apresentar um conjunto de características que se enquadram adequadamente no domínio estudado. O TAC possui um servidor na Web composto de leilões interdependentes com tempo para término, ambiente on-line para testes, além de ter motivado pesquisadores de várias universidades e centros de pesquisa.

Três edições do TAC foram realizadas nos anos de 2000, 2001 e 2002. As duas primeiras foram sediadas<sup>2</sup> em Boston (TAC, 2003) e a última na Suécia (TAC-SICS, 2002). Houve participantes de várias partes do mundo. O TAC já é hoje um ambiente estável, com dados disponíveis para comparação e avaliação das estratégias desenvolvidas. Este foi um outro fator que motivou a utilização do TAC para testes.

Nas próximas seções, descrevemos em linhas gerais as regras do jogo, indicando os bens negociados e as regras de negociação. Em seguida, resumimos

---

<sup>2</sup> Aqui nos referimos ao termo sediar significando hospedar o servidor. As competições são realizadas na Web, não sendo necessária a presença nos locais das competições.

as edições do TAC e examinamos algumas estratégias desenvolvidas por competidores de tais edições.

## 2.1 O Jogo do Mercado

No jogo do TAC, cada competidor é um agente de viagem com o objetivo de montar pacotes de viagem, durante um período de cinco dias<sup>3</sup>, entre duas cidades, com chegada em Tampa e volta a TACTown. Cada agente representa oito clientes que expressam suas preferências para vários aspectos da viagem. O objetivo do agente de viagem é maximizar a satisfação total dos clientes, definida como a soma da função de utilidade dos clientes.

Os pacotes de viagem são constituídos pelos seguintes bens:

1. Vôos de ida e de volta;
2. Diárias em hotéis<sup>4</sup>;
3. Ingressos para três tipos de eventos.

A Figura 2-1 é uma ilustração do ambiente do TAC. À esquerda estão representados os oito clientes e suas preferências. No meio, são mostrados oito competidores e à direita estão os leilões.

Existem várias dependências entre os bens negociados no TAC. Por exemplo, cada cliente precisa de hospedagem no mesmo hotel para todas as noites entre os dias de chegada e partida. Os viajantes também só podem ir aos eventos de diversão nas noites em que se encontram em Tampa.

Em cada partida do jogo, participam oito agentes, com a duração de doze minutos. Cada uma das partidas é chamada de instância. Diversas instâncias do jogo são realizadas durante cada rodada da competição a fim de avaliar o

---

<sup>3</sup> Os bens são negociados para cada um dos dias do pacote de viagens. Sempre fazemos referências aos dias de viagem da seguinte maneira: dia 1 correspondendo ao primeiro dia, o dia 2 ao segundo, até o dia 5, como o último dia.

<sup>4</sup> Há dois tipos de hotéis, um de luxo e outro barato.

desempenho médio de cada agente e amenizar as variações das preferências dos clientes. Por exemplo, durante as rodadas preliminares, são formados grupos de oito agentes que competem em 24 partidas consecutivas. No final da rodada, os agentes que obtiverem maiores pontuações passam para a rodada semifinal.

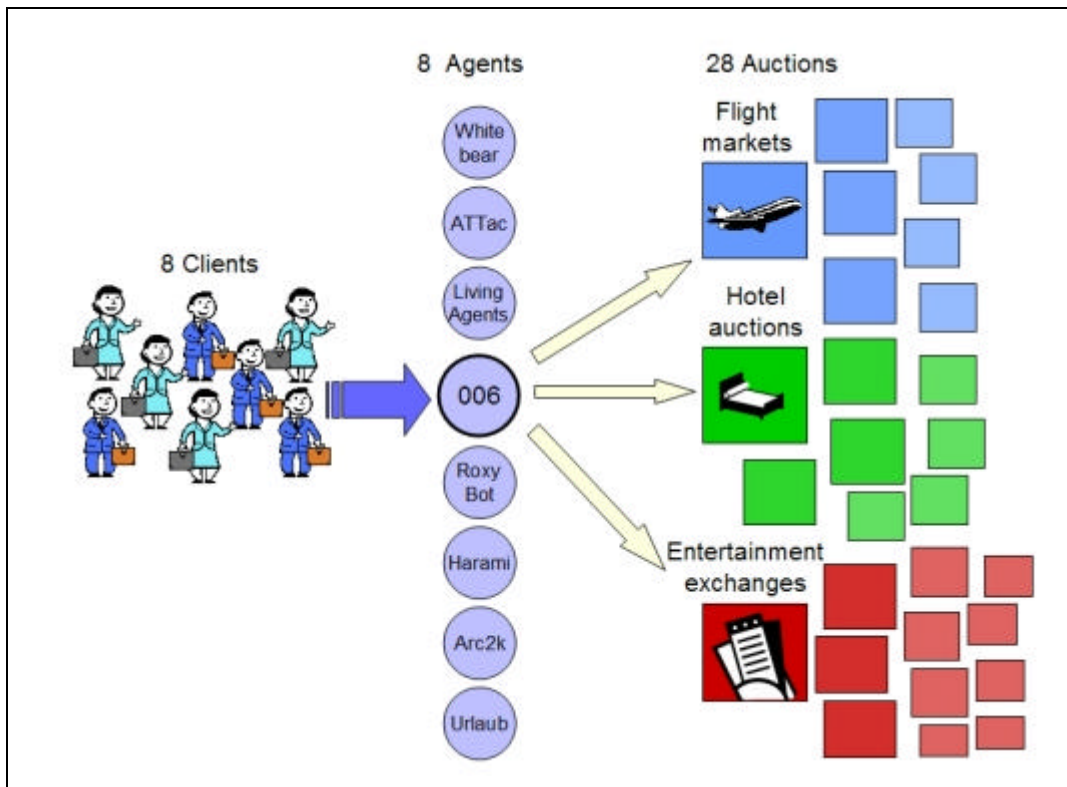


Figura 2-1: Ambiente onde opera o agente de viagem do TAC (TAC-SICS, 2002).

### 2.1.1 Bens Oferecidos

Os pacotes de viagem são constituídos por três tipos de bens relacionados, negociados de diferentes maneiras. Os vôos possuem estoque ilimitado. Enquanto que a disponibilidade de quartos de hotel é insuficiente diante do número de consumidores. Já os ingressos são negociados entre os agentes competidores, também havendo escassez diante da clientela.

Esta seção mostra em detalhes os bens negociados, enquanto que a próxima explica os protocolos de negociação utilizados.

### 2.1.1.1 Vôos

TACAIR é a única empresa aérea que voa de TACTown para Tampa e de Tampa de volta para TACTown. Ela opera com apenas um vôo por dia de ida e um de volta. Passagens para estes vôos são vendidas em leilões únicos, um para cada dia e direção. Dado que cada cliente deve ficar pelo menos uma noite em Tampa, não existem vôos de volta no primeiro dia, nem de ida no último.

A TACAIR é representada no mercado por um agente que ajusta os preços segundo uma função estocástica. O processo utilizado para atualizar os preços das passagens é um procedimento aleatório. Os preços são inicializados entre \$250,00 e \$400,00 e são modificados entre 24 e 32 segundos por um valor extraído uniformemente da escala entre -10 e  $x(t)$ . O limite superior final  $x$  das mudanças de valores é uma variável aleatória (não revelada diretamente aos agentes), escolhida para cada vôo independentemente de uma distribuição uniforme sobre  $[10, 90]$ . O limite superior das mudanças no tempo  $t$ ,  $x(t)$ , é uma interpolação linear entre 10 e o limite final  $x$ :  $x(t) = 10 + (t/12:00)*(x-10)$ .

Não obstante as trocas, os preços são confinados a permanecerem na escala \$150 a \$800. A distribuição de preços iniciais do vôo é também uniforme. A fonte de assentos disponíveis nestes vôos é ilimitada.

### 2.1.1.2 Hotéis

Existem dois hotéis em Tampa: *Tampa Towers* (TT) e *Shoreline Shanties* (SS). *Tampa Towers* é mais limpo, confortável e mais conveniente. É o melhor hotel da redondeza. Já o *Shoreline Shanties* é bem simples. Cada cliente não pode mudar de hotel durante a sua estada em Tampa.

Os quartos dos hotéis são negociados em leilões crescentes, sendo um leilão por combinação de hotel por noite, totalizando oito leilões de hotel. Em cada leilão são negociados dezesseis apartamentos. Apenas os hotéis podem vender os quartos, não sendo permitida a negociação dos quartos entre os agentes. Não existe um preço mínimo de oferta para cada tipo de hotel. A diferença de preço

existente entre os dois hotéis é baseada na preferência pelo Tampa Towers, definida pela função de utilidade dos clientes, mostrada na seção 2.1.3.

Como os clientes precisam dos hotéis da noite de chegada até uma noite antes da partida, nenhum leilão de hotel é feito no último dia.

### **2.1.1.3 Ingressos**

No início das partidas do jogo, cada agente de viagem recebe um pacote de ingressos para eventos de diversão. Existe um total de oito entradas disponíveis para cada evento por dia. Cada agente recebe um total de doze ingressos divididos da seguinte forma:

1. um pacote de quatro ingressos de um tipo no dia 1, ou no dia 4;
2. um pacote de quatro de um tipo no dia 2, ou no dia 3;
3. um pacote de dois ingressos de um tipo (diferente do tipo do item 1) no dia 1, ou no dia 4;
4. um pacote de dois ingressos de um tipo (diferente do tipo do item 2) no dia 2, ou no dia 3.

Os agentes trocam os ingressos através de leilões duplos contínuos (CDA). Os agentes podem vender e comprar neste mercado. Existe um leilão por combinação de evento-dia. Assim como nos leilões de hotéis, nenhum ticket é leiloadado no último dia.

### **2.1.2 Leilões**

Cada um dos bens é negociado em diferentes tipos de leilão através do servidor TAC. Porém, todos os leilões funcionam de acordo com o protocolo descrito a seguir.

5. Um agente submete um lance para um determinado leilão.

6. O servidor atualiza seu preço de cotação do leilão, indicando os preços correntes.

As sessões seguintes descrevem as regras específicas de cada tipo de leilão.

### 2.1.2.1 Formato dos Lances

O servidor TAC suporta os diferentes tipos de leilões dos bens mencionados anteriormente. Os lances são enviados especificamente para o leilão que o agente deseja participar. Por exemplo, o agente envia uma oferta de cinco unidades no leilão de passagens de ida no dia 1.

Os agentes podem fazer lances com valores diferentes por unidade em um leilão. A seguinte *string* representa de forma genérica o formato de um lance.

“ $((q_1 p_1) (q_2 p_2) \dots (q_n p_n))$ ”,  $q_i$  é a quantidade e  $p_i$  é valor da oferta.

Considerando a *string* “ $((1 150) (2 50))$ ” como um lance de um certo agente. A interpretação semântica da oferta seria que o agente deseja comprar uma unidade por \$150, ou menos, e duas unidades (em adição a primeira) por \$50, ou menos.

Para o caso do agente poder comprar e vender bens num mesmo leilão, ele deve representar as quantidades que deseja vender por números negativos. Assim, a *string* “ $((-2 40) (3 20) (1 10))$ ” significa que o agente quer vender duas unidades por \$40 ou mais, comprar três por \$20, ou menos, e ainda comprar uma por \$10, ou menos. Números negativos para os preços dos lances não são permitidos.

Quando algum lance é contemplado, o servidor atualiza as ofertas. Por exemplo, se um agente emite o lance de “ $((-1 10) (-1 20))$ ” e vende uma unidade dos bens por \$10, então a *string* será modificada para “ $((-1 20))$ ”. Agora, ele só possui um item a venda por \$20.

### 2.1.2.2 Vôos

Os leilões das passagens aéreas funcionam como simples leilões padrão, também chamado de *Leilão Inglês*<sup>5</sup>. Os agentes podem submeter lances, mas não podem vender passagens. Apenas a empresa TACAIR pode vender as passagens. Os leilões fecham apenas no final do jogo e os preços das passagens variam conforme a descrição da sessão 2.1.1.1 .

Cotações dos preços são emitidas imediatamente em resposta a novas ofertas. O preço de cotação é dado pelo preço pedido, que é simplesmente o preço de venda das passagens.

Qualquer lance enviado ao servidor que seja pelo menos tão alto quanto o preço de cotação será contemplado imediatamente pelo preço de cotação. Suponha que o TACAIR posicione a oferta de “((-64 300))<sup>6</sup>”. Um lance de “((5 320))” emitido por um agente será contemplado imediatamente e este pagará um total de \$1500, \$300 por passagem.

Os lances que têm valores menores que a cotação permanecem no servidor até que sejam contemplados, ou que o leilão termine. Considere a mesma oferta feita no exemplo anterior pela TACAIR de “((-64 300))”. Um lance de “((3 290))” permaneceria no servidor. Caso a TACAIR reduzisse sua pedida para “((-64 281))”, faria com que o lance fosse arrematado por \$281, cada unidade.

### 2.1.2.3 Hotéis

Os leilões dos hotéis são do tipo *Inglês*, crescente, multi-unidade, com a exceção de que são fechados aleatoriamente em horas específicas. Após quatro minutos de jogo, o primeiro leilão de hotel é escolhido aleatoriamente para fechar.

---

<sup>5</sup> Os tipos de leilões são apresentados na seção 3.1.2.

<sup>6</sup> Observe que a TACAIR apenas vende passagens.

Os outros leilões terminam um minuto depois do primeiro, a cada minuto. Aos onze minutos de jogo, o último leilão é concluído.

Os agentes não sabem quando cada leilão será finalizado. Os lances são efetivados apenas uma vez, quando o leilão termina.

Os agentes não podem revender os quartos arrematados. Os leilões são abertos oferecendo dezesseis quartos pelo preço inicial de \$0. Durante a instância, os agentes podem obter a informação se seu lance está entre os dezesseis maiores.

Cotações dos preços são geradas a cada minuto, que são dadas pelo 16º preço oferecido em cada leilão de hotel. O preço pago pelos agentes contemplados nos leilões é o mesmo para todos, sendo o 16º maior lance dado.

Suponha que os seguintes lances foram feitos para os leilões de hotel: “((-16 0))”, “((2 4) (6 6))”, “((4 8))”. Neste caso, temos apenas doze lances. Portanto, a cotação do 16º maior é de \$0. Suponha, agora, a seguinte situação: “((-16 0))”, “((2 4) (6 6))”, “((4 8))”, “((7 10))”. Logo, a cotação seria de \$6 que é o 16º maior valor.

#### **2.1.2.4 Ingressos**

Os leilões dos ingressos de diversão funcionam como leilões duplos contínuos e fecham no final do jogo. Cada agente submete ofertas de compra ou venda. Quando o preço de compra é maior ou igual ao preço de venda, a transação é efetivada imediatamente.

Ofertas de compra serão efetivadas com o menor preço de venda, desde que o de compra seja maior que o de venda. Enquanto que ofertas de venda serão efetivadas com o maior preço de compra.

Cotações dos preços são emitidas imediatamente em resposta a novos lances. A cotação dos preços é dada pelo preço de compra e venda. O preço de compra é o maior oferecido, enquanto que o preço de venda é menor lançado até o momento do jogo.



### 2.1.3 Função Utilidade

Oito agentes negociadores, cada um representando oito clientes, competem por pacotes de viagens nas instâncias do TAC. Assim, a demanda do mercado é determinada pelas preferências de 64 clientes, que são geradas de maneira aleatória seguindo distribuições específicas de probabilidade.

Os clientes especificam suas preferências da seguinte maneira:

1. Escolha dos dias de chegada e de partida de Tampa;
2. Um bônus por se hospedar no melhor hotel, o *Tampa Towers*; e
3. Um bônus por cada tipo de evento de diversão que o cliente participar.

Os dias de chegada e partidas são representados por IAD<sup>7</sup> e IDD<sup>8</sup>, respectivamente. IAD assume valores de 1 a 4, enquanto que o IDD assume valores de 2 a 5, uma vez que não é permitido a chegada do cliente no último dia, nem o retorno no primeiro dia. O dia de chegada e partida de cada cliente é escolhido aleatoriamente de forma que todos os pares de combinação possíveis possuem a mesma probabilidade.

O bônus do hotel (HB) é escolhido segundo uma distribuição uniforme de \$50 a \$150. Tal valor ilustra o quanto o cliente está disposto a pagar para ficar no melhor hotel.

Os valores dos bônus de diversão são determinados uniformemente no intervalo de \$0 a \$200. Os valores dados a cada evento representam o quanto cada cliente quer pagar para ir ao evento. Os três eventos disponíveis na edição 2002, considerados também para os testes da agência, foram o *Amusement Park* (AP), *Alligator Wrestling* (AW) e *Museum* (MU).

A Tabela 2-1 mostra um conjunto de exemplo de preferências de oito clientes. Tais preferências foram extraídas de (Greenwald, 2001) e foram

---

<sup>7</sup> Ideal Arrival Day

<sup>8</sup> Ideal Departure Day

atribuídas ao agente vencedor (Stone, 2001) em uma das instâncias da primeira edição do TAC. De acordo com a tabela, o cliente 1 deseja viajar no dia 2 e voltar no dia 5. Ele paga \$73 para se hospedar no hotel de luxo. Também está disposto a gastar \$175 para visitar o *Amusement Park*, \$34 para o *Alligator Wrestling* e \$24 para o *Museum*.

Cliente	IAD	IDD	HB	AP	AW	MU
1	2	5	73	175	34	24
2	1	3	125	113	124	57
3	4	5	73	157	12	177
4	1	2	102	50	67	49
5	1	3	75	12	135	111
6	2	4	86	197	8	59
7	1	5	90	56	197	162
8	1	3	50	79	92	136

Tabela 2-1: Exemplo de preferências dos clientes de uma instância do TAC'00.

O pacote de viagem de um cliente é especificado pelo dia de chegada (AD, *actual arrival day*), pelo dia de retorno (DD, *actual departure day*), pelo tipo de hotel (que assume o valor G, para o hotel bom, ou F, para o simples) e por ingressos de entretenimento. Os ingressos são representados pela variável  $I_X$ , que indica se o pacote inclui ou não o ingresso para o evento X.

O cliente obtém uma utilidade positiva se o agente TAC construir um pacote viável para tal cliente. Em caso, contrário a utilidade é zero. Um pacote é viável se:

1. A data de chegada for menor do que a de partida;
2. O mesmo hotel foi reservado para todas as noites da viagem;
3. Foi incluído, no máximo, um evento por noite;
4. No máximo, um ingresso de cada tipo é incluído no pacote.

A utilidade de um cliente para um pacote viável é dada por:

$$\text{Utilidade} = 1000 - \text{travelPenalty} + \text{hotelBonus} + \text{funBonus}$$

onde

$$\text{travelPenalty} = 100 * (|IAD - AD| + |IDD - DD|)$$

$hotelBonus = HB$ , se o cliente se hospedar no *Tampa Towers*

$$funBonus = I_{AP}AP + I_{AW}AW + I_{MU}MU$$

A pontuação final do agente é a soma das utilidades dois oito clientes, menos as despesas nos leilões.

No final de cada instância de jogo, o TAC faz uma alocação ótima entre os bens adquiridos e os clientes, construindo pacotes viáveis.

A Tabela 2-2 representa os bens adquiridos no final da partida cujas preferências foram dadas pela Tabela 2-1. A Tabela 2-3 mostra a alocação final dos bens entre os clientes e a utilidade obtida, utilizando o mesmo exemplo.

Bens	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5
<b>Ida</b>	5	2	1	0	-
<b>Volta</b>	-	4	1	0	3
<b>Tampa Hotel</b>	4	1	0	0	-
<b>Shoreline Shanty</b>	1	2	3	3	-
<b>Amusement Park</b>	1	1	1	2	-
<b>Alligator Wrestling</b>	1	1	0	0	-
<b>Museum</b>	1	0	1	1	-

Tabela 2-2: Exemplo de um conjunto de bens adquiridos no TAC.

Cliente	AD	DD	H	Ingressos	Utilidade
<b>1</b>	2	5	F	$I_{AP}$	1175
<b>2</b>	1	2	G	$I_{AP}$	1138
<b>3</b>	3	5	F	$I_{MU}, I_{AP}$	1234
<b>4</b>	1	2	G	-	1102
<b>5</b>	1	2	G	$I_{AW}$	1110
<b>6</b>	2	3	G	$I_{AP}$	1183
<b>7</b>	1	5	F	$I_{AP}, I_{AW}, I_{MU}$	1415
<b>8</b>	1	2	G	$I_{MU}$	1086

Tabela 2-3: Alocação Final dos bens entre os clientes. Utilidade total é de 9443.

## 2.2 Edições Anteriores

O TAC, anualmente, desafia seus participantes a melhorar o desempenho dos seus agentes on-line capazes de negociar em leilões simultâneos. O TAC original foi projetado e operado por um grupo do Laboratório de Inteligência

Artificial da Universidade de Michigan (Wellman, 2001). Em 2002, para a terceira edição da competição, a plataforma do TAC foi reprojetaada pelo Laboratório de Sistemas Inteligentes no Instituto Sueco de Ciência da Computação (SICS).

A primeira edição do TAC-00 foi sediada em Boston, Massachusetts, em Julho de 2000, junto com a IV Conferência Internacional de Sistemas Multi-Agente. O TAC-01 foi o segundo de uma série de eventos, com participantes de várias partes do mundo, desafiando o jogo do mercado. A segunda edição da competição ocorreu em conjunto com a III Conferência ACM em Comércio Eletrônico, em Tampa, Flórida, em Outubro de 2001. As finais da terceira edição do TAC acontecerem em Julho de 2002, co-localizado com o AAAI-02, em Edmond, no Canadá.

Várias mudanças ocorreram desde a primeira edição do TAC, em 2000. No TAC-00, os agentes estavam mais preocupados em resolver o problema da alocação dos bens adquiridos entre os clientes, de acordo com as preferências dadas. Este problema de otimização NP-Completo (Greenwald, 2003) foi incorporado às funcionalidades do TAC no segundo ano. Outras modificações foram incorporadas à segunda edição, cujas regras foram descritas na seção 2.1. Do TAC-01 para a terceira e mais recente edição, TAC-02, as regras permaneceram as mesmas, porém houve maior número de participantes inscritos.

As tabelas seguintes mostram os agentes finalistas de cada edição com sua pontuação correspondente. A pontuação média é calculada a partir dos resultados das várias instâncias de jogo simuladas na rodada final. Observe que a diferença da pontuação entre o primeiro e oitavo colocado diminuiu a cada ano, o que mostra uma maior disputa entre os participantes.

O resultados das tabelas serviram como base para análise das estratégias utilizadas pela agência SIMPLES.

Posição	Agente	Pontuação Média
1	ATTac	3398.26
2	RoxyBot	3283.24
3	aster	3068.34
4	umbctac1	3050.99
5	ALTA	2198.01
6	m_rajatish	1872.71
7	RiskPro	1569.91
8	T1	1167.40

Tabela 2-4: Resultados da primeira edição do TAC.

Posição	Agente	Pontuação Média
1	livingagents	3670.0
2	ATTac	3621.6
3	whitebear	3513.2
4	Urlaub01	3421.2
5	Retsina	3351.8
6	SouthamptonTAC	3253.5
7	CaaiserSose	3074.1
8	TacsMan	2859.3

Tabela 2-5: Resultado da rodada final do TAC-01.

Posição	Agente	Pontuação Média
1	WhiteBear	3412.78
2	SouthamptonTAC	3385.46
3	Thalis	3246.27
4	UMBCTAC	3235.56
5	Walverine	3209.52
6	livingagents	3180.89
7	kavayaH	3099.44
8	cuhk	3068.77

Tabela 2-6: Resultado da última edição do TAC.

Vários artigos foram escritos desde a primeira competição, mostrando uma grande variedade de estratégias adotadas pelas diversas equipes. Tais publicações ressaltam a importância científica do TAC. O campeão da primeira edição, ATTac (Stone, 2001), voltou em 2001, ocupando a segunda posição. Por sua vez, o vencedor em 2001, *LivingAgents* (Klaus, 2001), voltou a última edição como sexto colocado. O primeiro colocado em 2002, o *WhiteBear* (Greenwald, 2003) já havia participado das duas primeiras edições sem obter muito destaque.

A Tabela 2-7 mostra um resumo com as tecnologias em Inteligência Artificial usadas por alguns agentes competidores em 2002 e a instituição de origem de cada um deles.

Agente	Tecnologia	Instituição
ATTAC	Máquina de Aprendizado	Laboratório de Pesquisa da ATT
CUHK	Lógica Fuzzy	Universidade Chinesa, Hong Kong
KAVAYAH	Redes Neurais	Oracle
LIVINGAGENTS	Sistema Multi-Agente	Living Systems, AG
PACKATAC	Teoria de Decisão	Universidade do Estado da Carolina do Norte
ROXYBOT	Heurística de Busca On-line	Universidade Brown
PAININNEC	Algoritmos Genéticos	NEC Research
SICS	Otimização	Instituto Sueco de Ciência da Computação
SOUTHAMPTONTAC	Agente Adaptativo	Universidade de Southampton
THALIS	Aversão do Risco	Universidade de Essex
TNI TAC	Planejamento	Universidade Politécnica Bucharest
UMBCTAC	Risco x Retorno	Universidade de Maryland
WALVERINE	Análise do Equilíbrio Competitivo	Universidade de Michigan
WHITEBEAR	Heurística de Busca Off-line	Universidade Cornell
ZEPP	Sistema Multi-Agente	Universidade Politécnica Bucharest

Tabela 2-7: Tecnologia IA dos agentes do TAC.

Nesta dissertação descrevemos as estratégias dos dois vencedores das edições de 2000 e 2001. Só foi possível obter um resumo da estratégia do *WhiteBear* (Greenwald, 2003) em Janeiro de 2003, dois meses antes da apresentação desta dissertação, ainda não oficialmente publicada. Foram observadas algumas semelhanças de tal agente com o trabalho aqui descrito, o que mostra um grande potencial do nosso sistema multi-agente.

### 2.2.1 Agente ATTac

O ATTac (Stone, 2001) e (Stone, 2002) participou das três competições e foi o melhor colocado na primeira. Na segunda, só ficou atrás do *LivingAgents*.

O núcleo da abordagem do ATTac é um algoritmo de aprendizagem que constrói um modelo dinâmico de preços baseado em dados empíricos. Ele utiliza tal modelo para fazer lances.

ATTac-01 utiliza um avaliador de situação que estima o lucro esperado do agente em uma situação futura hipotética. Este “preditor de lucros” tem uma variedade de utilidades para o ATTac. Por exemplo, para determinar o valor de um bem, o agente compara o lucro predito supondo que o produto já foi adquirido ao lucro predito que supõe que o produto não está disponível.

Logo que os preços dos bens nos leilões são anunciados, o ATTac pode calcular um conjunto de compras e uma alocação<sup>9</sup> dos bens entre os clientes que maximize o lucro. Similarmente, se os preços de fechamento dos leilões forem conhecidos, eles podem ser tratados como fixos e as ofertas ótimas<sup>10</sup> podem ser calculadas, oferecendo altos valores para qualquer coisa que queira comprar e valores baixos para qualquer bem que deseje vender. Assim, um preditor natural do lucro simplesmente calcula o lucro de compras ótimas sob preços preditos fixos.

Uma abordagem mais sofisticada para a predição do lucro usada no agente ATTac, é a construção um modelo de distribuição de probabilidade sobre preços de fechamento, amostras estocásticas de preços possíveis e cálculo do lucro previsto, para cada conjunto de bens. Esta forma mais sofisticada da predição do lucro é importante para modelar a incerteza, reduzindo a incerteza do preço. Em resumo, o princípio do ATTac-01 é tomar decisões teoricamente ótimas, dadas predições de lucro para situações futuras hipotéticas.

A predição de preços é baseada nas quatro seguintes suposições:

1. Os preços de fechamento são razoavelmente previsíveis;
2. As próprias ofertas do ATTac não têm um efeito apreciável na economia;

---

<sup>9</sup> O ATTac utiliza um *solver* comercial para calcular a alocação dos bens entre os clientes.

<sup>10</sup> Lances para a alocação ótima.

3. O agente está livre para mudar as ofertas existentes nos leilões que ainda não fecharam;
4. As decisões futuras são feitas na presença da informação completa de preços.

O ATTac defende que enquanto estas suposições não forem totalmente verdadeiras, em geral, elas podem ser aproximações bastante razoáveis para serem a base para uma estratégia eficaz.

Pela suposição 2, o preditor de preços pode fazer predições sem considerar suas próprias ofertas. Assim, o ATTac pode usar amostras destas distribuições para produzir conjuntos completos de preços de fechamento de todos os bens sem a sua influência.

Para cada leilão considerado, o agente supõe que ele é o próximo a fechar. Se algum leilão diferente fechar antes, o agente pode então revisar as suas ofertas (suposição 3). Assim, o ATTac faz lances exatamente na utilidade marginal prevista para os bens. Isto é, ele oferece a diferença entre as utilidades previstas com e sem o bem. Para calcular estas utilidades, o ATTac calcula a média das utilidades adquirindo ou não o bem sob diferentes amostras de preço. Esta estratégia, baseada na suposição 4, assume que oferecer a utilidade marginal prevista atual não pode afetar as ações futuras.

Enquanto os leilões prosseguem, as distribuições de preços mudam devido às trajetórias observadas, fazendo com que o agente revise continuamente suas ofertas. Assumindo que o preço está correto, o agente automaticamente compra bens, garantindo-os, antes que estes se tornem demasiadamente caros. Para as amostras de preços em que os bens mais desejados são caros, agente faz lances baseados nos valores marginais, evitando uma utilidade negativa.

A estratégia utilizada pelo agente ATTac é praticamente baseada no modelo de predição dos preços dos leilões e num modelo de programação inteira. Ele validou sua abordagem para o problema de leilões relacionados e simultâneos, obtendo bons resultados nas três competições do TAC e em experimentos empíricos.



### 2.2.2 Agência LivingAgents

O elenco de agentes do *LivingAgents* é baseado no *Living Agents Runtime System* (LARS), do Living Systems AG (Living, 2003). Os agentes LARS operam em vários domínios de pesquisa, como o TAC e RoboCup (RoboCup, 2003), assim como em aplicações comerciais.

A estratégia do *LivingAgent* envolve seis tipos de agentes, são eles:

1. *TACManager*. Responsável por iniciar e parar os demais agentes.
2. *TACClient*. Responsável por calcular a melhor combinação de bens para o cliente que ele representa.
3. *TACDataGrabber*. Responsável por coletar as informações correntes dos leilões.
4. *TACAuctioneer*. Responsável por fazer lances de acordo com as sugestões do *TACClients*.
5. *TACEntertainmentAuctioneer*. Responsável por emitir lances para os leilões de ingressos de diversão. Ele regularmente observa os preços correntes dos leilões procurando oportunidades de compra e venda. Este agente é uma extensão do *TACAuctioneer*.
6. *TACResultGrabber*. É um agente offline, que não é executado durante as competições. Ele é responsável por coletar informações de leilões em rodadas anteriores e gerar estatísticas a serem usadas em leilões futuros.

Os seguintes passos detalham a execução dos *LivingAgents*:

1. O *TACManager* espera o jogo começar. Quando o jogo começa, ele obtém as preferências dos clientes do servidor.
2. O *TACManager* inicializa os demais agentes.
3. O *TACDataGrabber* coleta os preços dos vôos de chegada e partida.
4. Após receber os preços, os *TACClients* calculam o melhor pacote de viagem baseados nas suas preferências, nos preços das passagens e na média dos preços de fechamento dos hotéis de partidas anteriores.

5. Em seguida, eles enviam suas ordens de compra para os *TACAuctioneers*.
6. Os *TACAuctioneers* simplesmente fazem lances de acordo com as necessidades dos clientes.
7. O *TACEntertainmentAuctioneer* solicita ao agente *TACDataGrabber* para observar os leilões em que ele quer comprar ou vender. Se algum ingresso que ele deseja comprar está sendo oferecido por \$80 ou menos, ele faz um lance. Da mesma forma, se alguém está querendo comprar por \$80 ou mais, ele também posiciona um lance de venda.
8. Após sete minutos de jogo, o *TACEntertainmentAuctioneer* envia todos os lances restantes de ingresso por \$80.

O *LivingAgents* toma a maioria das decisões bem no início de uma instância de jogo. Apenas as decisões de compra e venda dos ingressos para eventos de diversão são tomadas durante o jogo. Esta estratégia assegura uma considerável economia na compra das passagens aéreas. O *LivingAgents* utiliza a média dos preços de fechamento dos leilões dos hotéis, em partidas anteriores, como previsões para calcular os lucros de todas as permutações de pacotes de viagens. Cada *TACClient* encontra aproximadamente uma alocação ótima dos bens.

*LivingAgents*, assim como o *ATTac*, também tem sua estratégia baseada nos preços de fechamento de alguns leilões. Porém, ele apresenta uma heurística simples que obteve bons resultados nas duas últimas edições do TAC.

### 2.2.3 Agente WhiteBear

A abordagem do primeiro colocado em 2002 foi gerar várias heurísticas específicas e experimentá-las para determinar as mais eficientes. Algumas vezes a heurística mais eficiente é a combinação de duas ou mais heurísticas.

Nos leilões de hotel, o *WhiteBear* combina duas heurísticas extremas. A estratégia A diz o seguinte “faça lances adicionados de um pequeno incremento ao preço corrente de cotação”. Enquanto que a estratégia B diz “faça lances com

valores da utilidade marginal”. *WhiteBear* combina estas duas estratégias para formar a sua estratégia atual, que fica no meio termo: “use a estratégia A, a menos que a utilidade marginal seja alta, neste caso use a B”.

Nos leilões de passagens, as heurísticas são distinguidas pelo seu comportamento no início de uma instância de jogo. As duas estratégias extremas são: “compre tudo” ou, simplesmente “compre apenas o que for absolutamente necessário”. Estas duas heurísticas combinadas resultam com o *WhiteBear* fazendo lances em passagens da seguinte forma: “compre tudo, com exceção das passagens que são *perigosas*”. Passagens perigosas são aquelas que possuem bastante diversificação entre os leilões de hotel.

*WhiteBear* não faz necessariamente os lances no conjunto ótimo de bens para seus clientes, como também não utiliza nenhuma técnica sofisticada de mecanismo de aprendizagem para predição dos preços de fechamento dos leilões dos hotéis. A performance do *WhiteBear* sugere que heurísticas de domínios específicos, em conjunto com experimentos extensivos, formam uma receita de sucesso para o jogo de viagem do TAC.

A estratégia do *WhiteBear* só foi obtida momentos antes da entrega desta dissertação. Portanto, não foi possível fazer seu estudo completo antes da elaboração das heurísticas desenvolvidas para a agência SIMPLES. Contudo, achamos relevante fazer uma síntese da sua heurística, uma vez que ele é o campeão atual do TAC.