

**ÁREA TEMÁTICA:** Métodos Quantitativos e Informática

## **NEGOCIAÇÕES EM REDES DE NEGÓCIOS BASEADAS NA TEORIA DO PROSPECTO**

### **AUTORES:**

**ELIANE PEREIRA ZAMITH BRITO**

Universidade Presbiteriana Mackenzie  
elianebrito@mackenzie.com.br

**RUBENS DE ALMEIDA ZIMBRES**

Universidade Presbiteriana Mackenzie  
razimbres@terra.com.br

### **RESUMO**

O presente artigo trata da negociação em redes de negócios onde a tomada de decisão dos participantes é baseada na Teoria do Prospecto. O objetivo foi descobrir se evolução da decisão em uma rede de dentistas composta por laços fortes que interagem entre si através de troca de informações e negociações sucessivas pode ser manipulada pela *modelagem baseada em agentes* (MBA). Utilizou-se uma modelagem baseada na Teoria dos Jogos e no conceito de autômatos celulares, que leva em consideração variáveis de impulsividade e aversão ao risco dos indivíduos e suas respectivas alterações através da conversa entre os agentes. Explorando uma lacuna existente na literatura, estabeleceu o valor das negociações através da Teoria do Prospecto. Os resultados mostram que ao longo das sucessivas negociações, houve um aumento de similaridade entre os indivíduos, medida pela distância Euclidiana. A inserção de um indivíduo representando um buraco estrutural na rede diminuiu os rendimentos do mesmo. A inserção de um indivíduo representando um laço fraco aumentou os rendimentos totais da rede. Os resultados sugerem que a MBA simulou de maneira adequada o processo de decisão individual.

### **ABSTRACT**

This article deals with trade in business networks where decision making is based on Prospect Theory. The main goal was to find out if decision evolution in dentists network composed by strong ties that interact through information exchange and multiple trades can be handled by agent-based modeling. The model is based in game theory and cellular automata, considering impulsiveness, risk aversion, and communication among agents. Exploring gaps in the literature, we defined trade values using Prospect Theory. At the end of multiple trades, we found an increase of similarity among dentists, measured using Euclidian distance. The insertion of an individual representing a structural hole in the network decreased his/her rents. The insertion of an individual representing a weak tie increased the network total rent. Results suggests that agent-based modeling simulated properly the individual decision making process.

**PALAVRAS-CHAVE:** autômatos celulares, redes sociais, tomada de decisão.

### **1. Introdução**

A *inteligência artificial* (IA), utilizada em fenômenos de difusão como estudo de aspectos evolucionários de sistemas sociais, sistemas econômicos e tráfego automobilístico permitiu a possibilidade de modelar processos de interação entre indivíduos e com isso aprofundar o

conhecimento na teoria social. Sua aplicação se estende ao estudo processos cognitivos como decisões gerenciais e comportamento do consumidor, simulações em finanças e estudo mercadológico. O objetivo social da IA não é prever a evolução do sistema, mas manipular os processos envolvidos de modo que a partir de interações individuais simples haja a emergência de fenômenos coletivos complexos.

A *modelagem baseada em agentes* (MBA) é uma metodologia computacional que permite ao pesquisador criar, analisar e experimentar sociedades artificiais compostas por agentes que interagem de maneira não trivial e local constituindo seu próprio ambiente de maneira emergente (BONNICI; WENSLEY, 2002; EPSTEIN; AXTELL, 1996; GANGULY *et al.*, 2004; HEGSELMANN; FLACHE, 1998; MACY; WILLER, 2002; MITCHELL, 1998; NAGPAL, 1999; SAWYER, 2003).

Em sua revisão de trabalhos científicos sobre MBAs, Macy e Willer (2002) concluíram que muitos modelos baseados em agentes tratam as formas sociais como interações comportamentais, variando pouco a topologia e identidades dos atores. O estudo aqui apresentado varia a identidade dos atores, que é composta por sete variáveis mutáveis, à medida que o indivíduo pode entrar em contato com seu semelhante e adquirir para si opiniões originariamente pertencentes a outra pessoa. A topologia também varia, pois é baseada na distância euclidiana entre os atores e um indivíduo aleatoriamente escolhido, o qual será chamado de pivô.

A seguir serão apresentados o problema de pesquisa e objetivos. A seção seguinte trata do referencial teórico, que esclarece e justifica o uso das variáveis. Em seguida serão apresentados os procedimentos metodológicos utilizados. A penúltima seção traz a análise dos resultados e a última seção apresenta as conclusões.

## **2. Problema de Pesquisa e Objetivo**

O problema de pesquisa é: a modelagem baseada em agentes pode simular a evolução da decisão em uma rede de dentistas composta por laços fortes, que interagem entre si através de negociações sucessivas? O objetivo deste estudo foi avaliar se evolução da decisão em uma rede de dentistas composta por laços fortes, que interagem entre si por meio de negociações sucessivas, pode ser manipulada pela modelagem baseada em agentes. Pretendeu-se também fornecer parâmetros para a modelagem do comportamento dos dentistas numa rede de negócios, tendo como base a troca de informação e a negociação entre membros da rede através do uso de Teoria dos Jogos.

## **3. Revisão bibliográfica**

### **3.1 Redes Sociais**

O conceito de redes sociais trata do fluxo de informações e influência entre indivíduos. A força do laço tem especial importância na estabilidade da rede, bem como na receptividade de um indivíduo à opinião de outrem. Em seu nível mais baixo, as transações entre firmas se dão através de redes sociais, onde está embutido o custo de transação específico para aquela negociação. A comunicação reduz a distância social entre indivíduos e induz uma postura cooperativa (BOWLES; GINTIS, 2000). Granovetter (1973) aborda a estrutura de comunicação em redes sociais por meio dos princípios de interação em pequena escala, os laços fortes e fracos, estudando a influência macro dos mesmos na difusão de influências e informações e organização da comunidade. A força de um laço depende da quantidade de tempo despendida, intensidade emocional, intimidade e serviços recíprocos.

*H<sub>1</sub> Critérios de decisão diferentes em indivíduos que interagem entre si podem convergir quando submetidos a condições ambientais comuns.*

**H<sub>2</sub>** *Numa rede interconectada por laços fortes, o grau de aversão ao risco tende a diminuir com o passar do tempo, em razão do desenvolvimento da confiança entre seus membros.*

A comunicação diminui a distância social entre os indivíduos e induz a postura cooperativa (BOWLES; GINTIS, 2000). Uma conduta cooperativa ou competitiva surge da diferenciação do posicionamento espacial do indivíduo na rede, uma vez que diferentes interesses estão relacionados a cada posição (BONACICH, 1990).

**H<sub>3</sub>** *Após múltiplas interações, o perfil da rede tenderá a se tornar cooperativo, dado que haverá uma convergência de características, conforme propõe Granovetter (1973).*

Um ator possui relações numa rede que partem dele e chegam até o mesmo. Essas relações tendem a se intensificar, ou seja, aumentar a quantidade ou qualidade de troca com o crescimento da tecnologia e divisão do trabalho. Tais relações podem ser de trabalho, econômicas, políticas ou de amizade (BURT, 1997). Os indivíduos periféricos de uma rede podem se relacionar através de laços fracos com várias redes ao mesmo tempo a fim de obter informações e vantagens de controle sobre os outros (AHUJA, 2000), ao mesmo tempo que permitem aos mesmos usufruir de benefícios como a isenção dos custos de manutenção de uma rede associada com laços diretos (BURT, 1976).

**H<sub>4</sub>** *Um indivíduo que faça o papel de laço fraco possui rendimentos maiores do que o resto da rede na qual se situa.*

Contudo, atualmente algumas colocações de Granovetter são contestadas por autores que argumentam existir imperfeições estruturais e cooperativas na transmissão de informações para a tomada de decisões (FRENZEN; NAKAMOTO, 1993). A transmissão da informação está sujeita a interesses que geram custos de agência (JENSEN; MEEKLING, 1976) e distorções (GRANOVETTER, 1973) tendo um limite de distância a partir do qual não é mais praticável a sua transmissão (GRANOVETTER, 1973) e no qual a informação perde sua validade para o decisor (ARGYRIS, 1976). A estrutura da rede pode originar uma imperfeição de mercado no nível macro à medida que a informação pode não atingir determinada parcela da rede, mas apenas devido à não existência de um canal de comunicação, um buraco estrutural.

**H<sub>5</sub>** *A influência de um buraco estrutural na rede altera a prosperidade do indivíduo, pois o mesmo não disporá de uma rede de relacionamentos o que limita suas oportunidades de ganho.*

### **3.2 Tomada de decisão e racionalidade**

Segundo Simon (1978) o homem racional da teoria econômica é um maximizador, que objetiva nada mais que o melhor; e é este conceito que a economia empresta para as outras ciências sociais. Em 1955, Simon já considerava a dependência da escolha racional em relação aos efeitos do ambiente de escolha e limitações cognitivas do decisor. Em seu artigo de 1978, parte do pressuposto de que todo o comportamento humano possui um grande componente racional e que a economia se preocupa largamente com os *resultados* da escolha racional, em vez de se preocupar com o *processo* de escolha em si. Contudo, um ator racional, um indivíduo perfeitamente informado com capacidade cognitiva infinita que maximiza uma utilidade fixa, não evolucionária, tem pouca relação com o ser humano (EPSTEIN; AXTELL, 1996).

Segundo Harvard (2004), o suporte empírico para a Teoria da Escolha Racional é superficial e a lei de paridade talvez seja a competidora mais importante para explicação da escolha racional, pois vê a escolha não somente como um evento único ou um processo interno do organismo mas como uma série de eventos observáveis no tempo. Propõe que ao invés de maximizar a utilidade, o indivíduo aloca seu comportamento em atividades de acordo com o valor de cada uma delas, fornecendo uma “explicação poderosa” sobre comportamento impulsivo e que também pode ser

usada no entendimento de fenômenos biológicos, como seleção natural e tomada de decisão econômica.

Herrnstein (1990) argumenta, em seu artigo sobre a lei de paridade, que o ambiente modela o comportamento do indivíduo e vice-versa. A visão econômica tem suas origens em Adam Smith e propõe que a mão invisível do ambiente modela racionalmente e de modo dedutivo a decisão humana de modo a que o *objetivo* seja a maximização da utilidade. Não explica *como* essa maximização ocorre e os resultados da escolha racional contradizem os reais. A estrutura social pode afetar a estrutura cognitiva individual e conseqüentemente o comportamento, de modo que os dois fatores podem interagir, de modo a convergir as crenças individuais e preferências na escolha do grupo (FRENZEN; NAKAMOTO, 1993).

**H<sub>6</sub>** *Uma maior força do laço fará convergir critérios de decisão, pela lei de paridade.*

No tocante à lógica de ação, Kahneman e Tversky, em 1979, contestaram a Teoria da Utilidade Esperada, que na época era aceita como um modelo normativo de escolha racional e propuseram um modelo alternativo, a Teoria do Prospecto, que considera também o risco, através da seguinte equação:  $V = (x, p; y, q) = \pi(p)v(x) + \pi(q)v(y)$ , onde o valor de um prospecto  $V$  com probabilidade  $p$  de resultado  $x$  e uma probabilidade  $q$  de resultado  $y$  é igual à soma dos pesos  $\pi$  das probabilidades multiplicado pelo valor subjetivo  $v$  daquele resultado específico.

### 3.3 Impulsividade

O comportamento impulsivo normalmente é associado com imaturidade, pouca inteligência e desvio social. Impulsividade pode ser conceitua como “uma tendência a responder rapidamente a um dado estímulo, sem deliberação ou avaliação das conseqüências” (GERBING; AHADI; PATTON, 1987) ou como escolhas comportamentais que não teriam sido feitas caso elas fossem consideradas em termos de suas conseqüências de longo prazo (ROOK; FISHER, 1995).

A impulsividade foi estudada inicialmente no Laboratório de Pombos de Harvard na década de 60, que se baseou em princípios de Skinner e serviu de fonte para aplicações no mundo externo, tendo sido aplicada na teoria econômica e social (LOGUE, 2002).

As pessoas pesam o valor de um resultado pela quantidade de tempo que levam para obter o referido resultado, sendo que a impulsividade desconsidera o valor futuro do resultado, preferindo obter o valor presente. O valor da conseqüência, seja ela desejável ou não tipicamente diminui com o passar do tempo. Ao mesmo tempo, a recompensa ou punição que está disponível imediatamente tem impacto maior na performance que aquela que é atrasada (GREEN; MYERSON, 1995). Esse aspecto da tomada de decisão é referido como sendo o desconto por adiamento. Psicólogos propuseram uma função de desconto por adiamento hiperbólica, de modo a que o valor declina exponencialmente de acordo com o atraso de tempo:  $V = A/(1+kD)$ , onde  $V$  é o valor da conseqüência,  $A$  é a quantidade da conseqüência,  $D$  é o tempo de adiamento até que a conseqüência seja obtida e  $k$  é o parâmetro de desconto, uma variável individual baseada nas preferências da pessoa para resultados adiados (HINSON; JAMESON; WHITNEY, 2003). Percebe-se que quanto maior o adiamento, menor o valor da conseqüência, para uma quantidade de conseqüência fixa. Quanto maior o valor do parâmetro  $k$ , mais rapidamente a recompensa perde seu valor no tempo, tornando pequenas recompensas de curto prazo mais valiosas do que aquelas maiores obtidas no longo prazo.

**H<sub>7</sub>** *Uma intervenção governamental que altere o parâmetro de desconto de um determinado indivíduo através do aumento de inflação fará com que tal indivíduo diminua sua aversão ao risco de modo a compensar sua menor possibilidade de ganho.*

### 3.4 Teoria dos Jogos

A Teoria dos Jogos começou com Von Neumann e Morgenstern em 1944, em seu livro *A Teoria dos Jogos e Comportamento Econômico*. Teoria dos jogos é “o estudo de modelos matemáticos de conflito e cooperação entre tomadores de decisão racionais e inteligentes” (MYERSON, 1997) ou ainda “o estudo de tomada de decisão *iterativa*,” uma vez que “aqueles envolvidos nas decisões são afetados pelas suas próprias escolhas e pelas decisões dos outros” (SAMUELSON, 1998), ou seja, quando as pessoas tomam decisões, elas levam em conta as relações entre suas decisões e as decisões dos outros. Contudo, a teoria econômica é construída sobre a suposição que as pessoas não agem estrategicamente, agindo como habitantes isolados num mundo que não reage (SAMUELSON, 1998; VON NEUMANN; MORGENSTERN, 1990). É importante salientar que os axiomas lógicos que justificam o teorema da maximização da utilidade esperada têm fraca consistência. Comportamento maximizador consistente pode ser derivado de modelos de seleção evolucionária, i.e., organismos complexos apenas sobrevivem se aumentarem suas chances de sobreviver e se reproduzir. Isso sugere que indivíduos tendem a maximizar o valor esperado de uma medida de sobrevivência e ajuste reprodutivo ou sucesso.

Se modificarmos a função de utilidade num modelo de modo que as preferências representadas por essa função permaneçam inalteradas, então o novo modelo pode ser considerado equivalente ao antigo modelo de jogo. Mas se modificarmos as preferências a partir de interações e conseqüentemente trocas de informações entre os jogadores, suas funções de utilidade serão modificadas fazendo com que a estratégia adotada pelo jogador num momento  $t+1$  seja diferente daquela utilizada num momento  $t$ , antes da interação. Essa perspectiva foi a base do foco evolucionário deste artigo, muito embora o mesmo se baseie na Teoria do Prospecto e não na maximização de utilidade. Myerson (1997) revela que algumas pesquisas experimentais sobre a tomada de decisão revelaram algumas violações sistemáticas da maximização da utilidade esperada e sugerem novos modelos de tomada de decisão e que podem ser mais acurados, como a Teoria do Prospecto, elaborada por Kahneman e Tversky em 1979.

Myerson (1997) afirma que a perseguição dos melhores interesses pelos indivíduos pode levar a resultados que são ruins para todos eles. Tal fato constitui uma estratégia dominante, que é desconcertantemente ineficiente (SAMUELSON, 1998).

*H<sub>8</sub> Uma estratégia de um determinado indivíduo que siga a estratégia adotada pela maioria dos jogadores no jogo anterior é menos eficiente do que uma estratégia que siga a minoria dos jogadores num jogo anterior.*

### 4. Metodologia

O estudo foi exploratório e houve a necessidade de se estabelecer um processo sistemático de seleção da amostra, pois foi esperado que a mesma reproduzisse em pequena escala o universo odontológico de clínicas de alto padrão existente na cidade de São Paulo, contendo dentistas pertencentes a uma rede de negócios. Devido a este fato, foi realizada uma amostragem não-probabilística intencional sem reposição (MALHOTRA, 2002).

O questionário utilizado na coleta de dados ficou hospedado em um site de Internet. Para perguntas de caracterização psicológica do respondente foram feitas perguntas estruturadas com alternativas de respostas de múltipla escolha, utilizando-se escala de Likert, tomando-se o cuidado de se evitar vieses de ordenação por meio da alteração da ordem de gradação das respostas. Utilizou-se uma escala de valor ordinal variando de 1 a 6 para se estabelecer o posicionamento de escolha do respondente, evitando-se assim uma atitude neutra (KERLINGER, 2000). Foi realizado um pré-teste com cinco indivíduos para verificar a coerência das respostas obtidas com as informações necessárias. Os questionários foram então aprimorados e enviados a

120 dentistas, obtendo-se uma taxa de resposta de 18,3%. Os não respondentes foram contatados por e-mail 7 e 14 dias após o envio dos questionários.

#### **4.1 Autômatos celulares**

No presente estudo os autômatos celulares foram utilizados para simular o processo de troca de opiniões entre os participantes da rede. Autômatos celulares (AC) foram inicialmente concebidos nos anos 40 por Stanislaw Ulam e John von Neumann. São máquinas de estado finito que se valem de um método de estudo abstrato para analisar a execução simultânea de regras locais a partir das quais surge um padrão emergente global (HEGSELMANN; FLACHE, 1998; WOLFRAM, 2002). ACs possuem três características notáveis: paralelismo maciço, interações locais e simplicidade dos componentes básicos (SIPPER, 2004). Devido à sua simplicidade e enorme potencial em modelar sistemas complexos, são largamente utilizados. ACs podem ser vistos como um modelo simples de um sistema espacialmente descentralizado constituído de componentes individuais, as células.

A comunicação entre as células constituintes é limitada pela interação local. Cada célula que constitui o AC possui um estado específico que varia de acordo com os estados da vizinhança local. Primeiramente uma rede regular, discreta, infinita que representa o universo da estrutura espacial do autômato celular e em seguida um autômato finito, uma cópia que representará cada nodo da rede. Cada nodo se chama célula e se comunicará com um número finito de outras células, a vizinhança, geometricamente uniforme e que compõe o reticulado. Tal comunicação é local, uniforme, determinística e sincrônica, determinando a evolução global do sistema, ao longo de passos discretos de tempo.

A evolução é determinada pelo estado anterior da célula, sua vizinhança e a função de transição aplicada, ou seja, a regra (GANGULY *et al.*, 2004; SIPPER, 2004). Quando a regra é idêntica em todas as células, tem-se ACs uniformes e não uniformes quando as regras são diferentes. O estado se refere ao valor de uma única célula, ao passo que a configuração se refere aos estados presentes no reticulado num momento  $t$  (GANGULY *et al.*, 2004). No caso de uma vizinhança, tais regras, de acordo com a classificação lexicográfica, originarão os futuros estados da célula, os bits de saída. Em ACs bidimensionais, uma condição de contorno periódica semelhante a um anel se caracteriza em um toróide.

#### **4.2 Modelagem proposta**

Dado que a modelagem trata de um assunto complexo, o processo de decisão humana, optou-se por sete variáveis independentes e uma variável dependente. São consideradas variáveis independentes: grau de estabilidade de opinião ( $E_o$ ), grau de aversão ao risco ( $A_v$ ), grau de persistência ao resolver um problema ( $P_p$ ), tempo de análise utilizado previamente à decisão ( $T_a$ ), grau de influência da emoção na decisão ( $E_d$ ), grau de análise qualitativa e quantitativa dos benefícios ( $A_q$ ) (GERBING; AHADI; PATTON, 1987; ROOK; FISHER, 1995) e existência de experiência passada negativa ( $E_p$ ) (ARTHUR, 1994; OLIVER, 1980). Juntas estas variáveis determinam o grau de impulsividade do indivíduo. A variável dependente é a distância Euclidiana entre os critérios de decisão do indivíduo  $i$  e o pivô, indivíduo 1.

A modelagem desenvolvida para este estudo utiliza Acs uniformes, onde estudou-se a evolução das distâncias sociais entre os atores na rede, em seu nível relacional, a partir de suas respectivas posições e através de sucessivas interações. Dado um sistema com  $N$  atores, a intensidade de relação entre os mesmos pode ser vista como uma díade ou como uma relação com a rede como um todo. Assumir-se-á que a extensão na qual dois atores ocupem a mesma posição na rede seja tratada como a distância social entre os mesmos e seja medida como um valor escalar, a distância

Euclidiana (BURT, 1976). Admitiu-se que a rede estudada é composta por laços fortes. Indivíduos tomam suas decisões simultaneamente e independentemente. Não há comunicação prévia ao jogo para que não haja o efeito focal, onde a decisão de um indivíduo é influenciada por regras morais, normas culturais e fatos ocorridos previamente à sua decisão. Conforme afirma Axelrod (1984), com a opção de interação em *clusters* “novos e muito importantes desenvolvimentos são possíveis”.

Na planilha em Excel, o posicionamento dos indivíduos na horizontal e das variáveis na vertical em um reticulado bidimensional ocasionará o processamento dos dados em paralelo, agilizando sobremaneira o tempo de solução. O valor final do grau de impulsividade foi obtido através da seguinte fórmula:  $I_i = Ep_i / (Eo_i + Av_i + Pp_i + Ta_i + Ed_i + Aq_i + Ep_i)$  (1)

O parâmetro de desconto  $k$  foi obtido através da soma de todas as variáveis relacionadas à impulsividade. Quanto maior o valor do parâmetro  $k$ , mais rapidamente a recompensa perde seu valor no tempo, tornando pequenas recompensas de curto prazo mais valiosas do que aquelas maiores obtidas no longo prazo. Logo, para 18 indivíduos tem-se que:

$$k_i = \sum_{n=1}^7 x_{ni}, \text{ com } i=\{1,2, \dots, 18\} \text{ e } x_n=\{ Ep_i, Eo_i, Av_i, Pp_i, Ta_i, Ed_i, Aq_i, Ep_i\} \quad (2)$$

Para os jogos em dupla foi estabelecida a mesma matriz de *payoffs*, gerando um jogo de soma não-zero. A estabilidade dos resultados pode ser comparada às condições ambientais impostas pela regulamentação governamental. Segundo Von Neumann e Morgenstern (1990), Axelrod (1984) e Rasmusen (1989) o jogo de soma não-zero é o mais comum em economia e na vida real. Tomando por exemplo os indivíduos  $i$  e  $j$ , tem-se a matriz apresentada no Quadro 1.

		$j$	
		cooperar	competir
$i$	$s_{i1}$ cooperar	$s_{j1}$ 4,3	$s_{j2}$ -3,3
	$s_{i2}$ competir	4,-4	0,0

**Quadro 1 – Matriz de *payoffs* para todos os jogadores**

Fonte: Os autores

Cada estratégia tem dois possíveis *payoffs*. Se o indivíduo  $i$  decidir cooperar e o indivíduo  $j$  cooperar ( $s_{i1}s_{j1}$ ), o indivíduo  $i$  obtém um *payoff* de 4 e o indivíduo  $j$  um *payoff* de 3. Caso  $i$  decida competir e  $j$  cooperar ( $s_{i2}s_{j1}$ ), o indivíduo  $i$  obtém um resultado de 4 e  $j$ , -4. Caso  $i$  decida cooperar e  $j$  competir ( $s_{i1}s_{j2}$ ), o primeiro perde 3 e o segundo ganha 3. Caso ambos os indivíduos decidam competir ( $s_{i2}s_{j2}$ ), ambos obtêm 0. As estratégias são representadas por  $S_n = \{s_{n1}, s_{n2}\}$  e os *payoffs* representados por  $\pi(s_{ni}, s_{nj}) \rightarrow \mathfrak{R}$ . É importante salientar que na seqüência de jogos proposta, os indivíduos têm acesso à sua quantia obtidas e às quantias obtidas pelos outros oponentes, sem especificar de quem é a quantia. Não há possibilidade de eliminar o outro jogador da interação nem como mudar a matriz de *payoffs*. Não é permitida colusão entre os jogadores. A disseminação da informação é realizada pelo AC. A informação simétrica e completa, ou seja, todos jogadores têm a mesma informação e sabem as regras do jogo, de modo que nenhum indivíduo possui uma vantagem estratégica advinda da assimetria de informação. O objetivo geral dos participantes do jogo é conseguir a maior quantia de dinheiro possível. As condições estabelecidas na modelagem são similares àquelas que ocorrem nas organizações: normalmente não se sabe exatamente o desempenho do concorrente direto, mas sim os resultados da indústria. Nenhuma firma tem conhecimento prévio sobre os níveis de renda e funções de utilidade dos

consumidores e funções de custo e capacidades de outras empresas (TESFATSION, 2005). Tal perspectiva é compartilhada por Weiss (2001), onde afirma que em certos casos uma abordagem centralizada é impossível, pois sistemas e dados pertencem a organizações independentes que desejam manter as suas informações em sigilo por razões competitivas.

Conforme descrito anteriormente, na função de desconto por adiamento hiperbólica, para o indivíduo  $i$  os valores subjetivos dados aos resultados estão relacionados ao resultado em si, o parâmetro de desconto do indivíduo e o tempo de adiamento para receber o resultado. O tempo de adiamento  $D$  foi obtido seguindo-se a ordem do jogo corrente. Para o primeiro jogo  $D$  vale 1 e para o jogo 1000 seu valor é de 1000. O valor subjetivo dado pelo indivíduo  $i$  escolhendo a estratégia  $s$  num tempo  $t$  é dado por:  $V_{sit} = R_i (1 + k_i D)$ , onde  $R_i$  é a quantidade da consequência,  $D$  é o tempo de adiamento até que a consequência seja obtida e  $k_i$  é o parâmetro de desconto.

À medida que o jogo permite a existência de quatro resultados, o valor do prospecto para o indivíduo  $i$  segundo a Teoria do Prospecto (KAHNEMAN; TVERSKY, 1979) num tempo  $t$  é a soma dos pesos  $\omega$  das probabilidades multiplicado pelo valor subjetivo  $v$  daquele resultado específico:  $V_{it} = \omega(w)v(s_{i1}s_{j1}) + \omega(x)v(s_{i1}s_{j2}) + \omega(y)v(s_{i2}s_{j2}) + \omega(z)v(s_{i2}s_{j1})$  (3)

Quanto maior o valor da opção de jogo, mais o jogador está compelido a ganhar, o que o leva a assumir uma postura competitiva. Caso o valor da opção de jogo seja menor do que a média, o jogador assume uma postura cooperativa, pois em seu ponto de vista subjetivo tem mais a perder do que seu oponente.

O grau de aversão ao risco foi obtido através da seguinte fórmula:  $A_t = V_{it} \wedge I_i$  (4), onde o grau de aversão ao risco  $A_t$  equivale ao valor da opção potencializado pelo seu grau de impulsividade.

Dado um valor de opção de jogo, maior impulsividade faz com que o jogador assuma mais riscos uma vez que prefere ganhar em menos tempo e subestima o risco envolvido na negociação. A inserção de capacidade cognitiva na atitude, considerando cooperação ou competição agrega ao modelo capacidades mais realistas (SUN; NAVEH, 2004).

As distâncias Euclidianas dos indivíduos em relação ao pivô, indivíduo 1 serão úteis como parâmetro de comparação de uma eventual convergência de características à medida que os jogadores interagirão ao longo dos jogos. Para obtenção das distâncias Euclidianas, os dados referentes a cada uma das variáveis de impulsividade foram normalizados e obtidas suas distâncias individuais em cada geração:  $\alpha_{il} = (x_{ni} - x_{n1})^2$ , onde  $\alpha_{il}$  é a distância entre as características psicológicas do indivíduo  $i$  e o indivíduo 1 e  $x_{ni}$  é a variável  $n$  do indivíduo  $i$ . Em seguida, somaram-se os resultados das distâncias entre os critérios de decisão e obteve-se a distância euclidiana  $D_{il}$  do indivíduo numa determinada rodada no momento  $t$ .

O objetivo da modelagem é verificar:  $D_{ilt} = \sqrt{\sum_{n=1}^7 (x_{nit} - x_{nlt})^2}$ , sujeito a:  $1 \leq (x_{1i} \dots x_{7i}) \leq 6$

devido ao uso de escala de Likert. Os jogos foram efetuados em dupla com apenas um adversário, indivíduo 1 com o 2, 3 com o 4 e assim sucessivamente. Por esse motivo, o número de jogadores é em número par, 18. Contudo, as interações pessoais ocorrem com os indivíduos vizinhos, ou seja, o indivíduo 2 troca opiniões com 1 e 3. Como se escolheu uma condição de contorno periódica para o AC, o indivíduo 1 interage com o 2 e 18, sendo que o indivíduo 18 interage com os indivíduos 17 e 1. A dimensão escolhida para o raio do AC, igual a um, foi selecionada de modo a preservar a fidelidade da informação, pois sabe-se que quanto maior a distância percorrida pela informação, maior a possibilidade de distorção e perda de validade da mesma (GRANOVETTER, 1973; ARGYRIS, 1976). Criou-se artificialmente uma sociedade conectada

seqüencialmente por laços fortes, pois segundo Chwe (1999), tais laços são melhores que os fracos na criação de conhecimento comum, i.e., conhecimento do conhecimento de outros agentes, essenciais para a ação coletiva.

Os jogadores começam a rodada de 1000 jogos com \$1000,00. Ao final de cada jogo, da quantia inicial foi acrescido ou diminuído o resultado do último jogo realizado e as variáveis de impulsividade foram alteradas seguindo-se a seguinte regra de transição, que representa a

conversa entre os membros da rede:  $\phi_{x_{in}} = (\sqrt{x_{in(t-1)} * x_{(i+1)n(t-1)}} + \sqrt{x_{in(t-1)} * x_{(i-1)n(t-1)}}) / 2$ , onde

$x_{in}$  é a opinião do indivíduo  $i$  no momento  $t$  sobre o critério de decisão  $n$ , e  $x_{(i+1)n(t-1)}$  o critério de decisão  $n$  do indivíduo  $i+1$  (posicionado à direita da célula do indivíduo  $i$ ) no momento anterior ao da mudança de opinião ( $t-1$ ). Isso significa que a opinião atual do indivíduo corresponde a uma média das opiniões entre ele e outros dois indivíduos num momento anterior, com os quais troca informações. O tempo de processamento foi de 170 minutos com um processador AMD de 1.3 GHz e 256 Mb de memória RAM.

## 5. Análise dos resultados

As distâncias euclidianas iniciais possuíam grandes oscilações de valores, o que representa as diferenças de características e critérios de decisão individuais, a diversidade da amostra. A diminuição das distâncias euclidianas e sua convergência para o valor zero demonstram a aproximação dos indivíduos em relação ao indivíduo 1, pivô, devido ao aumento da similaridade entre os mesmos, dada a existência de laços fortes entre os componentes da sociedade artificial. Tal convergência se deve ao aumento de similaridade entre critérios de decisão, seja ela não intencional no sentido do ator ser convencido pelo seu semelhante ou intencional, a fim de se adaptar ao parceiro desejado. Uma vez que indivíduos mais similares fortalecerão seus laços a partir dos quais receberão reforços de comportamento maiores e mais constantes, o resultado confirma **H<sub>1</sub>** e é compatível com a lei de paridade, o que confirma **H<sub>6</sub>**. A convergência de características não significa uma mudança de atitude competitiva para cooperativa em todos os casos, dado que o valor da opção para os jogadores que mais ganharam é maior.

Verificou-se um aumento da cooperação entre os jogadores, como espontaneamente surge em muitos sistemas sociais e ecológicos (AXELROD, 1984; MYERSON, 1997). Após 1000 jogos, a atitude da rede passou de inicialmente competitiva para cooperativa, o que confirma **H<sub>3</sub>**.

Para se analisar a eficiência de modificações na estratégia dos jogadores, tomaremos como exemplo os jogadores 13 e 14, onde as quantias finais obtidas após 1000 jogos foram de -\$1982,00 para o indivíduo 13 e \$3982,00 para o indivíduo 14.

Caso o indivíduo 14 adote uma atitude igual àquela adotada pela minoria dos jogadores no jogo anterior, seus rendimentos passam a ser de \$3994,00 e os rendimentos do indivíduo 5 passam a ser de -\$1994,00, demonstrando ser a melhor estratégia entre todas efetuadas, conforme argumenta Myerson (1997) e confirma **H<sub>8</sub>**. Tal fato é confirmado pela Teoria Clássica de competição, baseada na idéia de que o capitalista prefere investir em setores onde o capital é escasso (FOLEY, 2003).

Caso o indivíduo 14 adote uma atitude igual àquela adotada pela maioria dos jogadores no jogo anterior, seus rendimentos passam para \$1003,00 ao passo que os rendimentos do indivíduo 13 passam a ser de \$997,00, pois sua atitude passará a ser cooperativa, em função do aumento de confiança no grupo. O aumento de confiança verificado na rede de indivíduos é verificado pela diminuição do grau de aversão ao risco, onde a média passa de 3,5 no momento inicial para 3,25942 no milésimo jogo. O aumento de confiança também se deve às trocas de opiniões entre os membros da rede e convergência de características. Portanto, **H<sub>2</sub>** é confirmada.

A inserção de laços fracos no indivíduo 14 trouxe ao mesmo rendimentos de \$ 3982,00 e -\$694,00 ao indivíduo 13. A regra de transição para os atributos do indivíduo 14 foi:

$$\phi_{x_{14n_t}} = (\sqrt{x_{in(t-1)} * (x_{(i+1)n(t-1)} / 2)} + \sqrt{x_{in(t-1)} * (x_{(i-1)n(t-1)} / 2)}) / 2 \quad (9).$$

Isso significa que o indivíduo 14 passou a diminuir a importância da opinião alheia, valorizando mais sua própria. Em relação à quantia que teria sido obtida caso o indivíduo interagisse com seus semelhantes, o indivíduo 14 manteve o rendimento mais alto da rede. Ahuja (2000) argumenta que indivíduos periféricos de uma rede podem se relacionar através de laços fracos com várias redes ao mesmo tempo a fim de obter informações e vantagens de controle sobre os outros, ao mesmo tempo que permitem aos mesmos usufruir de benefícios como a isenção dos custos de manutenção de uma rede associada com laços diretos (BURT, 1976), fato confirmado pelo indivíduo 14 continuar possuindo rendimentos maiores do que o resto da rede, confirmando **H<sub>4</sub>**.

A inserção de um buraco estrutural no indivíduo 14, ou seja, o mesmo não troca informações com outros indivíduos e não incorpora para si opiniões alheias, foi representado pela ausência de regra de transição nas características do indivíduo, mantendo suas características fixas. Com isso, seus rendimentos diminuíram para \$ 3937,00, o que evidencia a importância de uma rede de relacionamentos para a prosperidade do indivíduo e confirma **H<sub>5</sub>**. O buraco estrutural fez com que o indivíduo 14 se distanciasse dos demais indivíduos.

Os resultados totais de quantias ganhas nas redes sem alteração e com laço fraco foram de \$18028,00 e \$20604,00, respectivamente. Isso permite concluir que a existência de indivíduos que mantêm sua diversidade em meio à rede contribuem positivamente para os rendimentos da mesma, fato suportado por Ahuja (2000).

Simulou-se uma intervenção governamental com o aumento de inflação e impostos. O aumento de inflação aumentaria o parâmetro de desconto  $k$  e os impostos diminuiriam a matriz de *payoffs* das empresas participantes da rede. Com tal alteração, os rendimentos totais caíram de \$18028,00 para \$9031,00. Percebeu-se uma pequena alteração na aversão ao risco, que passou de 1,09178 para 1,09177. Com a menor possibilidade de ganhos e maior valor dado aos ganhos mais rápidos, dado que a inflação aumentou, os indivíduos se tornam mais propensos a arriscar, confirmando **H<sub>7</sub>**.

## 6. Conclusão

Os resultados mostram que houve uma convergência nos critérios de decisão submetidos ao AC, o que representa o aparecimento de um consenso de opiniões entre os indivíduos. Houve uma convergência das distâncias Euclidianas a aproximadamente zero em todos os indivíduos o que sugere que aumentou a similaridade de características ao longo das interações, conforme propõe Granovetter (1973). O grau de aversão ao risco diminuiu ao longo das sucessivas interações devido ao desenvolvimento da confiança entre os indivíduos que compõem a rede.

A inclusão de um buraco estrutural, representado pela ausência de troca de opiniões em um indivíduo da rede, diminuiu os rendimentos do mesmo, pois ele não dispõe de uma rede de relacionamentos e, portanto, não troca informações com outros membros da rede e não incorpora para si opiniões alheias e, portanto, tem sua prosperidade diminuída por estar isolado da rede. O resultado total dos rendimentos nas redes sem alteração e com inserção de um laço fraco foi maior no último. Isso permite concluir que a existência de indivíduos que mantêm sua diversidade em meio à rede contribuem positivamente para os rendimentos da mesma. Para os indivíduos que obtiveram rendimentos maiores do que a média, os benefícios marginais superaram os custos de transação.

O estudo confirma integralmente os conceitos e teorias que serviram como base para a construção do mesmo e os resultados apresentados permitem concluir que a MBA utilizando ACs possui potencial uso, mas os experimentos relatados são preliminares, não permitindo ainda uma conclusão definitiva sobre a aplicabilidade do AC para o problema estudado.

### **Referências bibliográficas**

- AHUJA, G. Collaboration networks, structural holes and innovation: A longitudinal study. **Administrative Science Quarterly**, v. 45, n.3, p. 425-455, Sep. 2000.
- ARGYRIS, C. Single-Loop and double-loop models in research on decision making. **Administrative Science Quarterly**, v. 21, n. 3, p. 363-375, 1976.
- ARTHUR, W.B. Inductive reasoning and bounded rationality. **American Economic Review**, v. 84, n. 2, May 1994.
- AXELROD, R. **The evolution of cooperation**. USA: HarperCollins Publishers, 1984.
- BONNICI, T.S.; WENSLEY, R. Darwinism, probability and complexity: Market-based organizational transformation and change explained through the theories of evolution. **International Journal of Management Reviews**, v. 4, n. 3, 2002.
- BOWLES, S.; GINTIS, H. Walrasian economics in retrospect. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 115, n. 4, Nov 2000.
- BURT, R.S. Positions in networks. **Social forces**, v. 55, n. 1, Sep 1976.
- \_\_\_\_\_. The contingent value of social capital. **Administrative Science Quarterly**, v. 42, p. 339-365, 1997.
- CHWE, M.S. Structure and strategy in collective action. **The American Journal of Sociology**, v. 105, n. 1, 1999.
- EPSTEIN, J.M., AXTELL, R. **Growing artificial societies: Social science from the bottom up**. Cambridge: MIT Press, 1996.
- FOLEY, D.K. Complexity, self-organization, and political economy. **In: Unholy Trinity – Labor, capital, and land in the new economy**. London: Routledge, 2003.
- FRENZEN, J.; NAKAMOTO, K. Structure, cooperation, and the flow of market information. **Journal of Consumer Research**, v. 20, p. 360-375, Dec 1993.
- GANGULY, N.; SIKDAR, B.K.; DEUTCH, A.; CANRIGHT, G.; CHAUDHURI, P.P. **A survey on cellular automata**. Disponível em: <[www.cs.unibo.it/bison/publications/CAsurvey.pdf](http://www.cs.unibo.it/bison/publications/CAsurvey.pdf)>. Acesso em 15 de janeiro de 2005.
- GERBING, D.W.; AHADI, S.A.; PATTON, J.H. Toward a conceptualization of impulsivity: Components across the behavioral and self-report domains. **Multivariate Behavioral Research**, v. 22, n. 3, Jul 1987.
- GRANOVETTER, M.S. The strength of weak ties. **American Journal of Sociology**, v. 78, May 1973.
- GREEN, L.; MYERSON, J. Rate of temporal discounting decreases with amount of reward. **Memory & Cognition**, v. 25, n. 5, Sept 1997.
- HARVARD. **The matching law**. Disponível em <<http://www.hup.harvard.edu/catalog/HERMAT.html>>. Acesso em 6 de dezembro de 2004.
- HEGSELMANN, R.; FLACHE, A. Understanding complex social dynamics: A plea for cellular automata based modeling. **Journal of Artificial Societies and Social Simulation**, v. 1, n. 3, 1998. Disponível em: <<http://www.soc.surrey.ac.uk/JASSS/1/3/1.html>>. Acesso em 16 de janeiro de 2005.
- HERRNSTEIN, R.J. Behavior, reinforcement and utility. **Psychological Science**, v. 1, n.4, July 1990.

- HINSON, J.M.; JAMESON, T.L.; WHITNEY, P. Impulsive decision making and working memory. **Journal of Experimental Psychology**, v. 29, n. 2, 2003.
- JENSEN, Michael C., MEEKLING, William H. Theory of the firm: managerial behavior, agency costs and ownership structure. **Journal of Financial Economics**. v. 3, n. 4, Oct. 1976.
- KERLINGER, F.N., LEE, H.B. **Foundations of behavioral research**. California: Thomson-Learning, 2000.
- KAHNEMAN, D., TVERSKY, A. Prospect Theory - An analysis of decision under risk. **Econometrica**, v. 47, n. 2, pp. 263-291, 1979.
- LOGUE, A.W. The living legacy of the Harvard Pigeon Lab: Quantitative analysis in the wide world. **Journal of the Experimental Analysis of Behavior**, v. 77, n. 3, 2002.
- MALHOTRA, N.K. **Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada**. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- MACY, M.W.; WILLER, R. From factors to actors: Computational sociology and agent-based modeling. **Annual Review of Sociology**, v. 28, 2002.
- MILLER, G.A. The cognitive revolution: A historical perspective. **Trends in cognitive sciences**, v. 7, n.3, 2003.
- MITCHELL, M. Computation in cellular automata: A selected review. In GRAMB, T.; -MYERSON, J.; GREEN, L. Discounting of delayed rewards. **Psychological Science**, v. 5, n.1, 1995.
- MYERSON, R.B. **Game theory: Analysis of conflict**. USA: Harvard University Press, 1997
- NAGPAL, R. **Organizing a global coordinate system from local information on an Amorphous Computer**. MIT Artificial Intelligence Laboratory. A.I. Memo n. 1666, Aug 1999.
- OLIVER, R.L. A cognitive model of the antecedents and consequences of satisfaction decisions. **Journal of Marketing Research**, v. 17, Nov 1980.
- RASMUSEN, E. **Games and information: An introduction to game theory**. Oxford: Blackwell, 1989.
- ROOK, D.W.; FISHER, R.J.. Normative influences on impulsive buying behavior. **Journal of Consumer Research**, v. 22, n. 3, Dec 1995.
- SAMUELSON, L. **Evolutionary games and equilibrium selection**. Massachusetts: MIT Press, 1998.
- SAWYER, R.K.. Artificial societies: Multiagent systems and the micro-macro link in sociological theory. **Sociological Methods and Research**, v. 31, n. 3, Feb 2003.
- SIMON, H. A behavioral model of rational choice. **Quarterly Journal of Economics**, v. 69, 1955.
- \_\_\_\_\_. Rationality as process and as product of thought. **The American Economic Review**, v. 68, n. 2, May 1978.
- SIPPER, M. **Evolution of parallel cellular machines: The cellular programming approach**. Heidelberg: Springer, 1997. Disponível em <<http://www.cs.bgu.ac.il/~sipper/papabs/epcm.pdf>>. Acesso em 12 de janeiro de 2005.
- SUN, R.; NAVEH, I. Simulating Organizational Decision-Making Using a Cognitively Realistic Agent Model. **Journal of Artificial Societies and Social Simulation**, v. 7, n. 3, 2004. Disponível em <<http://jasss.soc.surrey.ac.uk/7/3/5.html>>. Acesso em 7 de janeiro de 2005.
- TESFATSION, L. Agent-based computational economics: A constructive approach to economic theory. Forthcoming in JUDD, K.L. TEFATSION, L. **Handbook of Computational Economics**. North-Holland, 2005.
- VON NEUMANN, J.; MORGENSTERN, O. **Theory of games and economic behavior**. Princeton: Princeton University Press, 1990.

WEISS, G. **Multiagent systems:** A modern approach to distributed Artificial Intelligence. London, The MIT Press, 2001.

WOLFRAM, S. **A new kind of science.** Canada: Wolfram Media Inc., 2002.