
Teoria dos jogos e transações em odontologia: um modelo baseado em autômatos celulares¹

Rubens de Almeida Zimbres *

Resumo

A evolução de redes de negócio é uma área de pesquisa não muito explorada. Há um foco inadequado à influência do ambiente sobre o processo de evolução da rede. Este estudo analisou a evolução de uma rede social por meio de uma modelagem utilizando autômatos celulares. O objetivo foi descobrir se a evolução da decisão em uma rede de dentistas composta por laços fortes, que interagem entre si mediante a troca de informações e negociações sucessivas, pode ser simulada pela Modelagem Baseada em Agentes (MBA). Os resultados mostram que ao longo das sucessivas negociações houve um aumento de similaridade entre os dentistas. A inserção de um indivíduo representando um buraco estrutural na rede diminuiu seus rendimentos. 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 a evolução do processo de decisão individual.

Palavras-chave: Autômatos celulares. Redes de negócio. Teoria dos jogos. Tomada de decisão.

* Mestre e Doutorando em Administração de Empresas pela Universidade Presbiteriana Mackenzie. razimbres@terra.com.br

1 INTRODUÇÃO

Artigos recentes em simulação sociológica utilizam, em geral, métodos de previsão social baseados em equações (HALPIN, 1999; MACY; WILLER, 2002) que podem ser estruturais. Contudo, há duas críticas a esse fato. A modelagem não deve ter a pretensão de prever um evento, mas sim considerar a teoria na definição de seus parâmetros (ZIMBRES, 2006). Outro problema é que tais equações não consideram interações entre os indivíduos, contudo tais interações ocorrem nos processos sociais e biológicos. Segundo Silva (2004, p. 1), “a modelagem por equações estruturais está na moda”, mas desconsidera a complexidade dos sistemas ao tentar “retratar uma realidade complexa por meio de alguns sistemas de equações lineares”. Diante de tais fatos e no intuito de considerar as interações adaptativas naturais (HOLLAND, 2001), fez uso de uma modelagem baseada em autômatos celulares (ACs), que será detalhada no capítulo de métodos da pesquisa.

A inteligência artificial (IA), utilizada em simulações e fenômenos de difusão como estudo de aspectos evolucionários de sistemas sociais e econômicos, possibilitou modelar processos de interação entre indivíduos e com isso aprofundar o conhecimento na teoria social. Sua aplicação estende-se ao estudo de 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), ferramenta da IA, 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., 2005; HEGSELMANN; FLACHE, 1998; MACY; WILLER, 2002; MITCHELL, 1995; 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 identidade dos atores. O estudo aqui apresentado varia a identidade dos atores 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 entre os atores e um indivíduo aleatoriamente escolhido, o qual será chamado de pivô.

O problema de pesquisa foi procurar descobrir se a modelagem baseada em agentes pode simular a evolução da decisão em uma rede de dentistas composta por laços fortes, que interagem entre si por meio de negociações sucessivas. O objetivo deste estudo foi avaliar se a evolução da decisão em uma rede de dentistas composta por laços fortes, que interagem entre si por intermédio de negociações sucessivas, pode ser manipulada pela modelagem baseada em agentes. Para tanto, serão utilizadas hipóteses, às quais serão dispostas ao longo do referencial teórico.

A seção seguinte trata do referencial teórico, que esclarece e justifica o uso das variáveis: força do laço na rede social, racionalidade dos indivíduos e impulsividade como uma variável moderadora da decisão. Em seguida, serão apresentados os procedimentos metodológicos utilizados. A penúltima seção traz a análise dos resultados e, por fim, são apresentadas as conclusões.

O referencial teórico está estruturado da seguinte forma: inicialmente são apresentados conceitos sobre redes sociais abordando os aspectos macro das interações no grupo, explicando a formação dos laços entre os indivíduos e a conseqüente formação da rede. Em seguida, são apresentados aspectos referentes à racionalidade e tomada de decisão individual, ou seja, como os sujeitos decidem individualmente. Conceitos de impulsividade são apresentados em seguida, uma vez que a impulsividade é um fator que modera a tomada de decisão individual. Finalmente, a Teoria dos Jogos é apresentada como uma maneira de sistematizar essas tomadas de decisão ao longo de sucessivas interações num modelo computacional.

2 REDES SOCIAIS

Redes sociais são “um agrupamento de núcleos (pessoas, organizações) ligado por um leque de relações sociais (amizades, transferências de fundo, etc.) de um tipo específico” (GULATI, 1998). Tais relações sociais são denominadas laços.

Granovetter (1973) aborda a estrutura de comunicação, isto é, a transmissão de informações em redes sociais por meio dos princípios de interação em pequena escala. O autor discute a influência macro dos laços fracos e fortes na difusão de influências e informações e organização da comunidade. A informação é difundida a um número maior de indivíduos e atravessa uma distância social maior quando passada por laços fracos ao invés de laços fortes, dado que os primeiros permitem que um indivíduo se conecte a várias redes ao mesmo tempo. O autor explica que a força de um laço depende da quantidade de tempo despendida, intensidade emocional, intimidade, serviços recíprocos. Os laços são fracos quando há pouco tempo despendido na relação, pouca intensidade emocional e intimidade e pequena quantidade de serviços recíprocos; são fortes quando essa relação é mais intensa. A força de um laço intensifica-se à medida que os atores interagem entre si, diminuindo suas diferenças individuais.

Dado que a comunicação reduz a distância social entre indivíduos e induz uma postura cooperativa (BOWLES; GINTIS, 2000), tem-se a primeira hipótese: critérios de decisão diferentes em indivíduos que interagem entre si podem convergir quando submetidos a condições ambientais comuns.

Uma vez que num laço forte há muito tempo despendido na relação, muita intensidade emocional e intimidade e grande quantidade de serviços recíprocos, permite inferir que haverá uma menor aversão da rede ao risco, já que os participantes tenderão a confiar mais uns nos outros, o que é traduzido pela segunda hipótese: numa rede interconectada por laços fortes, o grau de aversão ao risco tende a diminuir.

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). Ou seja, com a maior proximidade dos indivíduos pelas

interações, suas diferenças individuais tendem a diminuir, conforme propõe Granovetter (1973), tornando a rede mais cooperativa; tal afirmação pode ser interpretada como uma terceira hipótese.

Um ator possui relações numa rede que partem e chegam até ele. 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 por meio 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 indivíduos usufruir de benefícios como a isenção dos custos de manutenção de uma rede associada com laços diretos (BURT, 1976). Tais assertivas permitem a colocação da quarta hipótese quanto 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 (1973) são contestadas por autores que argumentam existir imperfeições estruturais e cooperativas na transmissão de informações para a tomada de decisões, o que se denomina buraco estrutural (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), pois a informação perde sua validade para o gestor (ARGYRIS, 1976). Certos indivíduos desprovidos de relacionamentos na rede de negócios podem limitar suas oportunidades de ganho, pois não disporão de laços relacionais, o que lhes proporciona subsídios para identificação de oportunidades de ganho. Sabendo disso, tem-se a quinta hipótese: um indivíduo que atua como um buraco estrutural na rede tem sua prosperidade diminuída.

2.1 TOMADA DE DECISÃO E RACIONALIDADE

Uma vez dispostos em redes sociais, os indivíduos tomam suas decisões rotineiramente, quando, por exemplo, um dentista escolhe um parceiro

para indicar seus clientes (ZIMBRES et al., 2006). Essas decisões seguem uma racionalidade específica que tem sido assunto de diversos estudos na área de Economia.

Segundo Simon (1978), o homem racional da teoria econômica é um maximizador que objetiva nada mais que o melhor; é este conceito que a economia empresta às outras ciências sociais. Simon (1955), já considerava a dependência da escolha racional em relação aos efeitos do ambiente de escolha e limitações cognitivas do gestor. 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, ao invés 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 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 racional e dedutivamente a decisão humana de maneira 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 possam interagir, para convergir as crenças indi-

viduais e preferências na escolha do grupo (FRENZEN; NAKAMOTO, 1993), ou seja, uma maior força do laço fará convergir critérios de decisão, pela lei de paridade.

No tocante à lógica de ação e seus objetivos, Kahneman e Tversky (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. O argumento principal da Teoria da Utilidade era que os indivíduos tendem a maximizar sua utilidade, ou seja, seus ganhos em suas escolhas. Contudo, essa Teoria desconsidera o risco, e essa lacuna foi preenchida pela Teoria do Prospecto, que pode ser resumida por meio da seguinte equação:

$$V = (x, p; y, q) = \\ (\text{resultado 1, probabilidade 1, resultado 2, probabilidade 2}) = \\ \pi(p)v(x) + \pi(q)v(y) \quad (1)$$

A equação argumenta que o valor de um prospecto, ou seja, uma escolha com valor V depende de um resultado x com probabilidade p de acontecimento e de um resultado y com uma probabilidade de acontecimento q . Cada uma dessas opções tem pesos π e valores subjetivos específicos, sendo esses valores v_x para o acontecimento x e v_y para o acontecimento y .

Sabendo-se que a racionalidade dos indivíduos está sujeita a componentes emocionais e pessoais únicos, a próxima seção traz conceitos de impulsividade que interferem diretamente nas expectativas de valor dos indivíduos.

2.2 IMPULSIVIDADE

A tomada de decisão dos indivíduos está sujeita à racionalidade deles, que por sua vez é influenciada pela impulsividade do indivíduo. O comportamento impulsivo normalmente é associado com imaturidade, pouca inteligência e desvio social. Impulsividade pode ser conceituada 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 utilizada na teoria econômica e social (LOGUE, 2002).

As pessoas pesam o valor de um resultado pela quantidade de tempo que levam para obtê-lo, sendo que um indivíduo impulsivo desconsidera o valor futuro do resultado, preferindo obter o valor presente, ainda que este seja menor. O valor da consequência, 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 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, em que o valor declina exponencialmente de acordo com o atraso de tempo:

$$V = A/(1 + kD) \quad (2)$$

Onde V é o valor da consequência, A é a quantidade da consequência, D é o tempo de adiamento até que a consequência 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 consequência para uma quantidade de consequência 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 a longo prazo. Sabendo disso, apresenta-se a sexta hipótese: uma intervenção governamental que altera o parâmetro de desconto de um determinado indivíduo por meio do aumento de inflação fará com que tal indivíduo diminua sua aversão ao risco de forma a compensar sua menor possibilidade de ganho.

Apresentados os conceitos referentes a redes sociais, ou seja, agrupamentos de indivíduos, como eles decidem e como a impulsividade influencia em suas ações e tomadas de decisões, a Teoria dos Jogos,

apresentada a seguir, sistematiza essas negociações em modelos matemáticos que permitem a simulação de situações hipotéticas sem a real presença dos participantes.

2.3 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, p. 34) ou ainda “o estudo de tomada de decisão interativa” uma vez que “aqueles envolvidos nas decisões são afetados pelas suas próprias escolhas e pelas decisões dos outros” (SAMUELSON, 1998, p.23), ou seja, quando as pessoas tomam decisões, elas levam em conta as relações entre as suas decisões e as dos outros. Contudo, a teoria econômica é construída sobre a suposição de que as pessoas não agem estrategicamente 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, isto é, 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 maneira 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, embora ele seja baseado na Teoria do Prospecto (KAHNEMAN; TVERSKY, 1979)

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 que podem ser mais acurados, como a Teoria do Prospecto.

Myerson (1997) afirma que a perseguição dos melhores interesses pelos indivíduos pode levar a resultados que são ruins a todos eles. Tal fato constitui uma estratégia dominante, que é ineficiente para a maioria (SAMUELSON, 1998). Assim, considera-se a sétima hipótese: uma estratégia de um determinado indivíduo que segue a estratégia adotada pela maioria dos jogadores no jogo anterior é menos eficiente do que uma estratégia que segue a minoria dos jogadores num jogo anterior.

Apresentados os conceitos referentes a redes sociais, tomada de decisão, impulsividade, a maneira pela qual eles se relacionam e como estes podem ser operacionalizados por meio de uma sistematização dos construtos, ou seja, Teoria dos Jogos, será apresentada, a seguir, a metodologia que foi utilizada na pesquisa, os procedimentos amostrais, as ferramentas utilizadas e a modelagem proposta.

3 METODOLOGIA

O estudo foi exploratório e houve a necessidade de se estabelecer um processo sistemático de seleção da amostra, pois foi esperado que a amostra reproduzisse em pequena escala o universo odontológico de clínicas de alto padrão, existentes na cidade de São Paulo, contendo dentistas pertencentes a uma rede de negócios. Em virtude desse 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 caracterização psicológica do respondente, foram feitas perguntas estruturadas com alternativas de respostas de múltipla escolha, utilizando-se a escala de Likert, com o cuidado de se evitar vieses de ordenação por meio da alteração da ordem de graduação 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; LEE, 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%, ou seja, 22 questionários. Os não respondentes foram contatados por *e-mail* 7 e 14 dias após o envio dos questionários, para que se pudesse aumentar a o índice de resposta..

3.1 AUTÔMATOS CELULARES

O modelo que foi aqui desenvolvido, os 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). Os ACs possuem três características notáveis: paralelismo maciço, interações locais e simplicidade dos componentes básicos (SIPPER, 2004). Em virtude da 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. É composto por uma rede regular, discreta e infinita, que representa o universo da estrutura espacial do autômato celular e, em seguida, um autômato finito, uma cópia que apresentará 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, estabelecendo a evolução global do sistema, ao longo do 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., 2005; SIPPER, 2004). Quando a regra é idêntica em todas as células têm-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., 2005). No caso de uma vizinhança, tais regras, de acordo com a classificação lexicográfica, originarão os futuros estados da célula, os *bits* de saída, conforme Esquema 1.

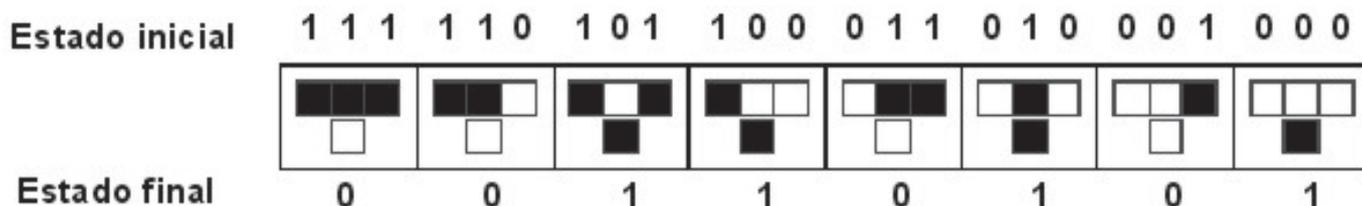
No Esquema 2, observa-se um reticulado com $N = 8$ células, raio $r = 1$ e $k = 2$ estados, em que a célula $X = 0$, numa vizinhança $1\ 0\ 1$, torna-se $X' = 1$ no seu estado seguinte s . Para a última célula à direita, considera-se como vizinha a primeira da esquerda, formando uma condição periódica de contorno (WOLFRAM, 2002), ilustrada no Esquema 3. Para cada vizinho, existem dois estados, 0 e 1 e oito possibilidades de vizinhanças 2^3 ou transições de estado, criando-se 2^8 regras possíveis no espaço em que se definem, o chamado espaço elementar.

A execução simultânea de uma regra simples em todas as células do reticulado, em sucessivos passos, pode fazer emergir um comportamento global complexo (GANGULY et al., 2005), o que é interes-

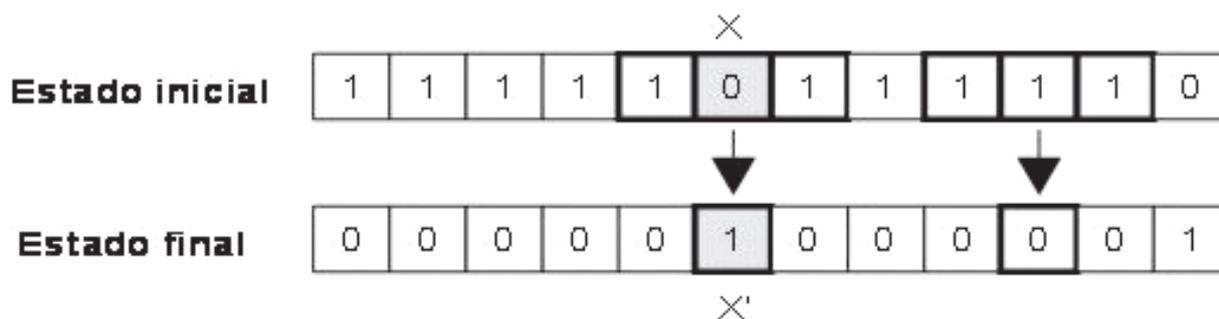
sante, pois cada indivíduo tem acesso apenas a uma vizinhança local imediata e, no entanto, engaja-se na comunicação e integração de longa distância para realizar sua tarefa (KOZA; LEWIN, 1999) num princípio de transitividade também proposto por Granovetter (1973) e que caracteriza um sistema conexonista.

Baseados no conceito teórico de universalidade, pesquisadores tentam desenvolver arquiteturas de ACs simples e práticas que possam ser utilizadas em áreas de aplicação amplas, como no caso do dilema do prisioneiro interativo, processamento computacional paralelo, processamento de imagens, reconhecimento de padrões, modelagem da natureza, sociedade, sistema imunológico, processos químicos, fluxo de tráfego e desenvolvimento urbano (GANGULY et al., 2005).

Em sua aplicação às ciências sociais, os ACs são utilizados para se compreender a formação de grupos; iniciado por Schelling (1978), ainda que ele não tenha se referido ao mecanismo como sendo um AC. Axelrod (1980) deu o primeiro passo na análise da cooperação na estrutura de um AC.



Esquema 1: Tabela de transição para a regra 53 em AC com raio $r = 1$ e $k = 2$ estados
 Fonte: Zimbres e outros (2006).



Esquema 2: Evolução da célula X com a aplicação da regra 53
 Fonte: Zimbres e outros (2006).



Esquema 3: Condição periódica de contorno
 Fonte: Zimbres e outros (2006).

3.2 MODELAGEM PROPOSTA

Em virtude de que a modelagem trata de um assunto complexo, o processo de decisão humana, optou-se por sete variáveis independentes e uma dependente. São consideradas variáveis independentes: grau de estabilidade de opinião (E_o), grau de aversão ao risco (Av), grau de persistência ao resolver um problema (Pp), tempo de análise utilizado previamente à decisão (Ta), grau de influência da emoção na decisão (Ed), grau de análise quali-quantitativa dos benefícios (Aq) (GERBING; AHADI; PATTON, 1987; ROOK; FISHER, 1995) e existência de experiência passada negativa (Ep) (ARTHUR, 1994; OLIVER, 1980). Juntas, determinam o grau de impulsividade do indivíduo. A variável dependente é o posicionamento espacial de cada indivíduo, mensurada a distância entre os critérios de decisão do indivíduo i e um pivô aleatoriamente escolhido, o indivíduo 1. Essas variáveis estão sujeitas a modificações por meio da conversa entre os participantes da rede, que foi simulada mediante o uso dos ACs.

No presente estudo tratou-se da origem e destino da troca de informações de cada variável como um autômato celular unidimensional, que, em virtude da sua simplicidade, tornou-se a variante mais estudada dos ACs (GANGULY et al., 2005). A modelagem desenvolvida para este estudo utiliza ACs uniformes, se estudou a evolução das distâncias sociais entre os atores na rede em seu nível relacional, a partir de suas respectivas posições e por meio de sucessivas interações. Em razão de um sistema com N atores, a intensidade de relação entre estes pode ser vista como uma díade que se propaga para a rede como um todo. Assumiu-se que a extensão na qual dois atores ocupem a mesma posição na rede seja tratada como a distância social entre eles e seja medida como um valor escalar (BURT, 1976). O modelo partiu do pressuposto de que a rede estudada é composta por laços fortes. Indivíduos tomam suas decisões simultânea e independentemente. Não há comunicação prévia ao jogo para que não haja o efeito focal, em que a decisão de um indivíduo é influenciada por regras morais, normas culturais e fatos ocorridos previamente à sua decisão. Conforme Axelrod (1984), com a opção de interação em *clusters* “novos e muito importantes desenvolvimentos são possíveis.”

Na planilha em Excel, o posicionamento dos indivíduos nas colunas e das variáveis nas linhas 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 por meio da seguinte fórmula:

$$I_i = Ep_i / (Eo_i + Av_i + Pp_i + Ta_i + Ed_i + Aq_i + Ep_i) \quad (3)$$

O parâmetro de desconto k foi obtido mediante a 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 ao longo prazo. Logo, para 18 indivíduos apresenta-se:

$$k_i = \sum_{n=1}^7 x_{ni} \quad , \text{com } i = \{1, 2, \dots, 18\} \text{ e } x_n = \{Ep_i, Eo_i, Av_i, Pp_i, Ta_i, Ed_i, Aq_i, Ep_i\} \quad (4)$$

em que x_{ni} é a impulsividade do indivíduo i , sendo somados todos os componentes de sua impulsividade (n).

Para os jogos em dupla, foi estabelecida a mesma matriz de *payoffs*, isto é, resultados do jogo, gerando um jogo de soma não-zero, que representa mais fielmente as condições presentes. 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 , é apresentada a matriz no Quadro 1.

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

Quadro 1: Matriz de *payoffs* para todos os jogadores
Fonte: Zimbres e Brito (2006).

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 $\pi(s_{i1}, s_{j1}) \rightarrow \mathfrak{R}$. É importante salientar que na seqüência de jogos proposta, os indivíduos têm acesso à sua quantia obtida 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, ou seja, a conversa entre os jogadores é realizada pelo AC. A informação é 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 (TESFATION, 2005). Tal perspectiva é compartilhada por Weiss (2001), quando 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 conferidos 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 esco-

lhendo a estratégia s num tempo t é dado por: $V_{sit} = R_i(I + k_i D)$, em que 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 ω das probabilidades, multiplicado pelo valor subjetivo v daquele resultado específico:

$$V_{it} = \omega(w)v(s_{i1}s_{j1}) + \omega(x)v(s_{i1}s_{j2}) + \omega(y)v(s_{i2}s_{j2}) + \omega(z)v(s_{i2}s_{j1}) \quad (5)$$

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 por meio da seguinte fórmula:

$$A_t = V_{it} \wedge I_i \quad (6)$$

em que o grau de aversão ao risco A_t equivale ao valor da opção potencializado pelo seu grau de impulsividade. Ou seja, quanto mais impulsivo o jogador, maior o valor de sua opção de jogo, uma vez que esse indivíduo é ávido por ganhos presentes. Em razão de um valor de opção de jogo, uma 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 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 interagirem ao longo dos jogos. Para obtenção das distâncias, aplicou-se a seguinte fórmula:

$$D_{ilt} = x_{nit} - x_{nlt}, \text{ sujeito a: } 1 \leq (x_{1i} \dots x_{7i}) \leq 6 \quad (7)$$

em virtude do uso da escala de Likert, em que x_{nit} é a variável n do indivíduo i num momento t . Os jogos foram efetuados em duplas, 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. 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 sua validade (GRANOVETTER, 1973; ARGYRIS, 1976). Criou-se, de forma artificial, uma sociedade conectada seqüencialmente por laços fortes, pois segundo Chwe (1999), tais laços são melhores que os fracos na criação de conhecimento comum, ou seja, consciência do conhecimento de outros agentes, essenciais à ação coletiva.

Os jogadores começam a rodada de 1.000 jogos com \$1.000,00. 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:

$$\phi_{x_{int}} = (\sqrt{x_{in(t-1)} * x_{(i+1)n(t-1)}} + \sqrt{x_{in(t-1)} * x_{(i-1)n(t-1)}}) / 2 \quad (8)$$

em que x_{it} 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 em Excel foi de 170 minutos com um processador AMD de 1.3 GHz e 256 Mb de memória RAM.

4 RESULTADOS

As distâncias iniciais possuíam grandes oscilações de valores, com amplitude de 0.25, o que representa as diferenças de características e critérios de

decisão individuais, na diversidade da amostra. A diminuição das distâncias para uma amplitude de $5E^{-15}$ e sua convergência para o valor zero demonstram a aproximação dos indivíduos em relação ao indivíduo 1, pivô, em virtude do aumento da similaridade entre os mesmos, dada a existência de laços fortes entre os componentes da sociedade artificial. Tal convergência deve-se 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 fortalecerem seus laços, a partir dos quais receberão reforços de comportamento maiores e mais constantes, o resultado confirma a primeira hipótese e é compatível com a lei de paridade. A convergência de características não significa uma mudança de atitude competitiva para cooperativa em todos os casos, uma vez 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 1.000 jogos, a atitude da rede passou de competitiva para cooperativa, o que é confirmado na terceira hipótese.

Para se analisar a eficiência de modificações na estratégia dos jogadores, tomou-se como exemplo os jogadores 13 e 14, em que as quantias finais obtidas após 1.000 jogos foram de -\$1.982,00 para o indivíduo 13 e \$3.982,00 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 \$3.994,00 e os rendimentos do indivíduo 5 passam a ser de -\$1.994,00, demonstrando ser a melhor estratégia entre todas efetuadas, conforme argumenta Myerson (1997) e confirma a sétima hipótese. Tal fato é comprovado pela Teoria Clássica de competição, baseada na idéia de que o capitalista prefere investir em setores em que o capital é escasso (FOLEY, 2003).

Porém, se o indivíduo 14 adotar uma atitude igual àquela adotada pela maioria dos jogadores no jogo anterior, seus rendimentos passarão para \$1.003,00, ao passo que os rendimentos do indivíduo 13 passarão a ser de \$997,00, pois sua atitude passará a ser cooperativa, em função do aumento de con-

fiança no grupo. Esse aumento é verificado na rede de indivíduos pela diminuição do grau de aversão ao risco, em que a média passa de 3,5 no momento inicial para 3,25942 no milésimo jogo. O aumento de confiança também ocorre em virtude das trocas de opiniões entre os membros da rede e convergência de características. Portanto, a segunda hipótese é confirmada.

A inserção de laços fracos no indivíduo 14 trouxe, a este, rendimentos de \$3.982,00 e -\$694,00 ao indivíduo 13. A regra de transição para os atributos do indivíduo 14 foi:

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

em que $x_{n(t-1)}$ representa a opinião do indivíduo num momento anterior, $x_{(i-1)n(t-1)} / 2$, a opinião do indivíduo situado à sua esquerda num momento anterior e $x_{(i+1)n(t-1)} / 2$, a opinião do indivíduo situado à sua direita num momento anterior. Ou seja, isso significa que o indivíduo 14 passou a diminuir a importância da opinião alheia, valorizando mais a sua opinião, uma vez que ele atribui valor 1 à sua opinião e valor $\frac{1}{2}$ à opinião alheia. 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 por intermédio 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 indivíduos conectados por laços fortes usufruir de benefícios como a isenção dos custos de manutenção de uma rede associada com laços diretos (BURT, 1976), fato confirmado pelo indivíduo 14 por continuar possuindo rendimentos maiores do que o resto da rede, comprovando, assim, a quarta hipótese.

A inserção de um buraco estrutural no indivíduo 14, ou seja, este 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 \$3.937,00, o que evidencia a importância de

uma rede de relacionamentos para a prosperidade do indivíduo e confirma-se a quinta hipótese. 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 \$18.028,00 e \$20.604,00, respectivamente. Isso permite concluir, que a existência de indivíduos que mantém sua diversidade em meio à rede contribui positivamente para os rendimentos dela, 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 \$18.028,00 para \$9.031,00. 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 atribuído aos ganhos mais rápidos, já que a inflação aumentou, os indivíduos se tornam mais propensos a arriscar, confirmando-se a sexta hipótese.

5 CONCLUSÃO

No artigo, objetivou-se descobrir se a evolução da decisão em uma rede de dentistas composta por laços fortes, que interagem entre si por meio da troca de informações e negociações sucessivas pode ser simulada pela MBA. 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 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 em virtude do 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 seus rendimentos, 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, dessa forma,

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 mantém sua diversidade em meio à rede, contribui positivamente para os rendimentos da rede, o que é confirmado por Ahuja (2000). 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 da pesquisa; os resultados apresentados permitem concluir que a MBA, utilizando ACs possui potencial

uso, mas os experimentos relatados são preliminares, não possibilitando, ainda, uma conclusão definitiva sobre a aplicabilidade do AC para o problema estudado. Há várias alternativas de aprimoramento, entre elas: o uso de um reticulado que permita liberdade de escolhas entre os agentes e o uso de regras específicas a cada indivíduo.

Como contribuição para a prática, o artigo pode fornecer aos gestores uma maior compreensão das negociações em redes de negócios, uma vez que o posicionamento e os relacionamentos na rede influenciam os resultados. Como contribuição para a teoria apresenta-se o uso de ACs em um problema social, uso ainda pouco difundido na literatura nacional.

Game theory and trades in dentistry: a cellular automata-based model

Abstract

The evolution of business networks is a research area that is not yet well explored. There is an inadequate focus on environmental influence over network evolution process. This study analysed business evolution through a model using *cellular automata* (CA). The main goal was to find out if decision evolution in dentist's network composed by strong ties that interact through information exchange and multiple trades can be handled by agent-based modeling. Results show that along multiple trades, there is an increase of similarity among dentists. 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 suggest that agent-based modeling simulated properly the individual decision making evolution process.

Keywords: Business networks. Cellular automata. Decision making. Game theory.

Nota explicativa

1 O autor agradece a contribuição do avaliador para o aprimoramento desta pesquisa, bem como o MackPesquisa, pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

AHUJA, G. Collaboration networks, structural holes and innovation: a longitudinal study. **Administrative Science Quarterly**, v. 45, n. 3, p. 425-455, sept. 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. More effective choice in the Prisoner's Dilemma. **Journal of Conflict Resolution**, v. 24, n. 3, sept. 1980.

_____. **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, sept. 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**. 2005. Disponível em: <<http://www.cs.unibo.it/bison/publications/CAsurvey.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 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.

GULATI, R. Alliances and networks. **Strategic Management Journal**. v. 19, n. 4, apr. 1998.

HALPIN. Simulation in Sociology. **The American Behavioral Scientist**, v. 42, n. 10, aug. 1999.

HARVARD. **The matching law**. 2004. Disponível em: <<http://www.hup.harvard.edu/catalog/HERMAT.html>>. Acesso em: 6 dez. 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 jan. 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.
- HOLLAND, J. H. **Adaptation in natural and artificial systems**: An introductory analysis with applications to biology, control and artificial intelligence. USA: MIT Press, 2001.
- 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.
- KAHNEMAN, D.; TVERSKY, A. **Prospect Theory**: an analysis of decision under risk. *Econometrica*, v. 47, n. 2, p. 263-291, 1979.
- KERLINGER, F. N.; LEE, H. B. **Foundations of behavioral research**. California: Thomson-Learning, 2000.
- KOZA, M. P.; LEWIN, A.Y. The coevolution of network alliances: a longitudinal analysis of an international professional service network. **Organization Science**, v. 10, n. 5, 1999.
- 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.
- MACY, M. W.; WILLER, R. From factors to actors: computational sociology and agent-based modeling. **Annual Review of Sociology**, v. 28, 2002.
- MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de marketing**: uma orientação aplicada. Porto Alegre: Bookman, 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**: analisis 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.
- SCHELLING, T. **Micromotives and Macrobehavior**. New York: W.N. Norton & Company, 1978.
- SILVA, J. F. **Métodos quantitativos na pesquisa em administração**: Usos e abusos. Disponível em: <http://www.anpad.org.br/opiniao_jorge_site_main.html>. Acesso em: 6 dez. 2004.
- 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 jan. 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 jan. 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.
- ZIMBRES, R. A.; BRITO, E. P. Z. Trocas de informações em redes de negócios. In: CONGRESSO ANUAL DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO (Cati) **Anais...** FGV, São Paulo, 2006.
- ZIMBRES, R. A.; BRITO, E. P. Z.; OLIVEIRA, P. P. B.; MACEDO, E.P. Formation and evolution of business networks in Dentistry: an agent-based model. In: ENCONTRO NACIONAL DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO DE EMPRESAS (Enanpad) **Anais...** Salvador, 2006.
- ZIMBRES, R. A. **Modelagem baseada em agentes**: uma terceira maneira de se fazer ciência? In: ENCONTRO NACIONAL DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO DE EMPRESAS (Enanpad), Salvador, 2006.

