

# Emergência de Convenções Sociais – Uma Análise a Partir da Simulação de Interações Descentralizadas Caracterizadas pela Disposição à Imitação de Comportamento\*

Gustavo de Oliveira Aggio<sup>†</sup>

**Conteúdo:** 1. Introdução; 2. Justificativa para o Uso de um Modelo Baseado em Agentes Computacional; 3. Descrição do Modelo de Simulações; 4. Resultado das Simulações; 5. Aplicação para a Consideração da Moeda como uma Convenção; 6. Aplicação para a Consideração do Padrão Tecnológico Adotado como uma Convenção; 7. Considerações Finais.

**Palavras-chave:** Convenções Sociais, Simulações Computacionais, Comportamento Econômico, Moeda e Padrões Tecnológicos.

**Códigos JEL:** B52, C15, C63, D02, E4, O33

Considerando que a existência de convenções sociais é relevante sobre o comportamento econômico dos indivíduos, faz-se necessário explicitar suas causas e seu processo de formação. Em particular estudamos situações onde a presença de equilíbrios múltiplos e a possibilidade de irreversibilidade de uma tomada de decisão importam. Para isto aprofundamos a tradição dos estudos sobre processos evolucionários descentralizados caracterizados por *path-dependence*. Utilizamos a hipótese de que indivíduos com racionalidade limitada imitam em algum grau um comportamento predominante observado para construirmos um programa de simulação. Observamos a emergência de estruturas de unanimidade ou de maiorias e aplicamos nossos resultados às teorias da emergência da moeda e da formação de padrões tecnológicos.

*There was considered that social conventions existence is relevant for the individual economic behavior, there has been necessary explain the both its origins and process of formation. Specifically, we study situations where*

\*O autor agradece as sugestões e críticas de David Dequech, Décio Katsushigue Kadota, Eduardo Angeli, Eleutério Fernando da Silva Prado, Gabriel de Abreu Madeira, Jorge Eduardo de Castro Soromenho, Rosângela Ballini e um parecerista anônimo, isentando-os, contudo, de qualquer erro presente neste trabalho. O autor agradece ainda o suporte financeiro da CAPES.

<sup>†</sup>Doutorando em Economia pelo Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas. E-mail: gustavoaggio@hotmail.com



*both the presence of multiple equilibria and the possibility of irreversibility of a take decision matters. Then we choose deep the traditions of path-dependent decentralized evolutionary processes studies. We applied the hypothesis that bounded rationality individuals in some degree imitate the predominant observed behavior and we made a computational procedure of simulations. We observed the emergence of unanimity or majority structures and then we applied the observed results to both the emergence theory of money and technological choice theory.*

## 1. INTRODUÇÃO

Uma convenção social pode ser definida como uma instituição informal, um comportamento e um estado de expectativas construídas e compartilhadas entre um conjunto de indivíduos. Uma convenção é seguida por um indivíduo porque ela/ele espera que tal comportamento será seguido, ao menos, por um número suficiente de indivíduos da sociedade (Dequech, 2009). Na literatura econômica encontramos exemplos de convenções tais como a moeda aceita em uma economia, o padrão tecnológico em uso ou o comportamento de curto prazo nos mercados financeiros.<sup>1</sup>

Dentre outras, uma tradicional vertente de estudo das convenções é aquela que utiliza a teoria dos jogos. Lewis (1969) apresenta a convenção como uma solução para um problema de coordenação que possui equilíbrios múltiplos. Uma situação onde a coordenação de comportamentos é necessária para a obtenção de ganhos mútuos, necessita de uma regra de decisão quando existe mais de uma forma possível de comportamento coordenado. A tomada de decisão deve ser baseada nas expectativas sobre o comportamento dos demais indivíduos, cada um dos quais analisa o comportamento e as expectativas dos demais e assim por diante, configurando um estado analítico em que cada indivíduo poderia considerar *ad infinitum* as expectativas dos demais e mesmo assim não obteria uma resposta sobre qual decisão tomar. Lewis utiliza a definição de Schelling (1960) de *saliência* de uma característica para propor uma solução para o problema de definição do equilíbrio. Segundo Lewis, a recorrência de um determinado problema de coordenação geraria um histórico de resultados que seria de informação dos indivíduos cada vez que estes tivessem que tomar uma decisão. A *saliência por precedente* ocorreria quando um resultado recorrente de sucesso de coordenação fosse percebido pelos indivíduos e induzisse estes a seguir tal comportamento. Um comportamento selecionado desta forma representaria uma convenção. O caráter evolucionário na teoria de Lewis é evidente e inspirou Sugden (1986) a propor a convenção como uma solução evolucionária não apenas para problemas puros de coordenação, mas também para problemas onde residem características de rivalidade.

Evidentemente uma análise evolucionária ou de um processo, como realizaremos neste trabalho, se afasta de uma solução dedutiva em direção a resultados mais indutivos. Hahn (1991, p. 48) chama a atenção para o fato de que o conceito de *saliência* não é “exatamente preciso”. Mais simpático que este autor as novas metodologias de análise, Arthur (1994) defende a hipótese de alguns cientistas comportamentais de que as pessoas se guiam mais por regras de tomada de decisão do que através de uma racionalização completa baseada em crenças subjetivas.

Todo um conjunto teórico passa a ser construído através de diferentes hipóteses sobre as regras práticas de tomada de decisão dos indivíduos, com o fim de explicar a emergência de convenções sociais. Anderlini e Ianni (1996), em um trabalho pioneiro pela utilização da teoria matemática dos grafos para estudar interações locais, elucidam o fato de que as regras de tomada de decisão, de interação, refletem a problemática que o autor deseja evidenciar. Young (1993, 1996, 1998) trabalha com a metodologia

<sup>1</sup>Não analisaremos neste trabalho o caso da formação convencional de preços em mercados financeiros. O *insight* original que pode ser encontrado em Keynes (1936) é considerado no artigo seminal de (Fama, 1965, n. 36).

de melhor resposta de um indivíduo para um conjunto limitado de observações do comportamento de outro indivíduo, aleatoriamente alocado ou da vizinhança do primeiro, dependendo da problemática que o autor deseja estudar. Huyck et alii (1995) propõe a consideração sobre *equilíbrios evolucionariamente estáveis* como convenções em jogos de barganha, onde os indivíduos disputam parcelas de uma determinada quantia e recebem apenas quando escolhem parcelas que somadas são menores ou iguais ao total disponível,<sup>2</sup> e comparam o resultado com a análise de experimentos reais realizados com pessoas. Carpenter (2002) aprofunda o trabalho de Huyck et alii (1995), realizando simulações, utilizando algoritmos pelos quais os indivíduos experimentam e selecionam melhores estratégias de interação.

Se utilizarmos a noção de equilíbrio de Nash para definirmos a convenção como um resultado de cooperação que é preferível para todos os indivíduos dada a tomada de decisão dos demais, a racionalidade da conformidade com uma convenção se torna evidente. Este é um ponto em comum entre os autores desta tradição. Por outro lado, ainda que a apreciação da breve bibliografia acima resumida demonstre um conjunto diversificado de métodos de análise do fenômeno da emergência do comportamento convencional, ainda não existe uma teoria ou método específico que contemple todos os casos relevantes dentro da problemática econômica. Diferentes métodos se apresentam como complementares.

Nossa contribuição neste artigo é a explicitação da possibilidade de emergência de convenções em uma situação onde os indivíduos agem estrategicamente buscando a cooperação, mas são fortemente restringidos pelo temor de tomar uma decisão irreversível na qual elas/eles se encontrariam excluídos do grupo que passa a atuar de forma cooperativa, em algum grau, nesta economia. Exemplos, explorados neste trabalho, de tomadas da decisão irreversíveis (ao menos dentro de um prazo considerável, que comprometa o desempenho e eficiência econômica deste indivíduo) são

- (i) o investimento em um bem de capital ou aquisição de um bem de consumo antes da definição do padrão tecnológico em uso em uma sociedade, podendo em caso de erro impossibilitar ganhos com as externalidades de rede ou mesmo impossibilitando o uso com a falta de insumos e/ou manutenção específica, e
- (ii) o acúmulo especulativo de ativos ou de posições denominadas em um ativo que se espera que tenha elevada liquidez no futuro, podendo em caso de erro de escolha tornar não apenas o indivíduo ilíquido, mas mesmo insolvente caso a recompensa pela liquidez nesta sociedade seja suficientemente alta para que uma aplicação equivocada conflua no comprometimento do valor do portfólio do indivíduo.

Portanto, se as tomadas de decisão geram situações de *path-dependence* que são cruciais para o desempenho econômico dos indivíduos, a construção do modelo e, principalmente, das estratégias, ou regras de tomada de decisão, dos indivíduos devem contemplar estes aspectos. Desta forma definimos um conjunto de estratégias inédito na literatura que denominaremos de *disposição à conformidade com um comportamento predominante observado*. O método utilizado será a simulação computacional do comportamento individual.

Além desta Introdução o artigo está dividido em mais cinco seções além das Considerações Finais. Na primeira seção explicitaremos as razões para a escolha do método e das estratégias. Na segunda faremos a descrição detalhada do modelo e das estratégias. Em seguida faremos a apreciação dos dados de 1.500 simulações. Encerra o artigo uma seção para a aplicação do modelo para a teoria da emergência da moeda e uma seguinte para a teoria da definição dos padrões tecnológicos.

<sup>2</sup>Um exemplo clássico que jogo que envolve coordenação e rivalidade ao mesmo tempo.



## 2. JUSTIFICATIVA PARA O USO DE UM MODELO BASEADO EM AGENTES COMPUTACIONAL

Conforme Young (1998, pp. 27–30) existem, dentre outras, quatro principais vertentes de análise para a dinâmica de aprendizado, obtenção de comportamento cooperativo, em uma sociedade:

- (1) seleção natural;
- (2) imitação;
- (3) replicação de um comportamento bem sucedido (*reinforcement*) e
- (4) estratégia da melhor resposta.

Young aprimora todo um aparato analítico baseado em processos de Markov finitos, irredutíveis e aperiódicos para demonstrar a aplicação da estratégia de melhor resposta como um método que não apenas permite calcular a probabilidade de um determinado equilíbrio como pode ser aprimorado, através da introdução de um fator de choques exógenos, para considerar a alteração e a estabilidade assintótica deste equilíbrio. Young (1998, p. 30) defende o uso de estratégias de melhor resposta por ser, nos seus termos, conjuntamente ao estudo da dinâmica de replicação (referente à seleção natural) a forma mais estudada de aprendizado social e por ser mais plausível que as demais dinâmicas para os objetivos do autor. De uma forma bem sintética, podemos resumir o corpo geral dos modelos de Young como se segue: um indivíduo é emparelhado aleatoriamente com outro qualquer da população (ou com um de sua vizinhança específica, quando o autor deseja evidenciar interações locais específicas) e pode observar um número limitado de escolhas no passado deste indivíduo. Com este conjunto limitado de informação cada indivíduo escolhe, dada a estrutura de retornos (*payoffs*) que configura a interação, a melhor decisão supondo que os demais indivíduos também agirão da mesma forma. O autor demonstra que se a dinâmica for independente do estado inicial, seja pela estrutura do jogo, seja pela introdução de um fator aleatório que provoca choques exógenos, a dinâmica pode ser definida como um processo de Markov, com as propriedades acima definidas, que caracteriza um processo ergódico com probabilidade de convergência igual a 1. Obviamente se desejamos estudar processos onde existe possibilidade de irreversibilidade de tomada de decisão o modelo deve contemplar processos não ergódicos, inviabilizando para nosso uso o arcabouço de Young.

Por outro lado, a teoria de dinâmica de replicação define uma convenção através da obtenção de um equilíbrio evolucionariamente estável que configure um comportamento cooperativo entre as populações. Vega-Redondo (1996, p. 14) define um equilíbrio evolucionariamente estável da seguinte maneira:

A (possibly mixed) strategy  $\sigma^* \in \Delta^{m-1}$  is said to be Evolutionarily Stable Strategy if, for any other  $\rho \in \Delta^{m-1}$ , there exist some  $\bar{\epsilon} > 0$  such that if  $0 < \epsilon < \bar{\epsilon}$

$$\pi(\sigma^*, (1 - \epsilon)\sigma^* + \epsilon\rho) > \pi(\rho, (1 - \epsilon)\sigma^* + \epsilon\rho).$$

Verbally, a strategy  $\sigma^*$  is said to be an ESS if, once adopted by the whole population, no mutation  $\rho$  adopted by an arbitrarily small fraction of individuals can 'invade' (i.e. enter and survive) by getting at least a comparable payoff.

Para tornar nosso modelo mais realista, supomos um número arbitrariamente elevado de possíveis equilíbrios finais com unanimidades (14, por motivos que explicitaremos na próxima seção), que se localizariam nos vértices do simplex  $\Delta$ . Desta forma aumenta a possibilidade do indivíduo terminar o processo em uma situação que não configura a convenção, consequentemente aumenta sua aversão a esta possibilidade e diminui a possibilidade de convergência do processo. Logo, ainda que tivéssemos uma estrutura de retornos bem definida, a definição das equações de replicação seriam de tratabilidade analítica proibitiva ( $\Delta^{m-1}$  seria igual a  $\Delta^{14-1}$ , ou seja, um simplex de 14 dimensões, com 13 equações diferenciais simultâneas). Embora seja possível atribuir um custo à estrutura  $\pi(\circ)$  de retornos para

quando o indivíduo altera a sua estratégia, se supormos algum estado de irreversibilidade de tomada de decisão, a análise de equilíbrio evolucionariamente estável se tornaria invalidada, dado que a mutação, alteração de estratégia ou de comportamento não seria possível.

Buscamos, portanto, uma alternativa a estas duas metodologias e passamos a desenvolver uma dinâmica específica para a imitação seguindo Orléan (1998). Este evidencia a importância da imitação em um processo de interação descentralizada com informação limitada.<sup>3</sup> Young (1998, p. 27) define a imitação pela escolha de um retorno (o observado e imitado) maior do que o retorno atualmente obtido, logo à uma estratégia que depende da hipótese de observação dos retornos dos demais indivíduos. Nosso modelo supera esta limitação. Supomos indivíduos que consideram o seu conjunto de informações e fazem uma suposição sobre o conjunto de informações dos indivíduos observados dado o seu comportamento. Ou seja, a racionalidade da imitação se localiza na possibilidade dos demais possuírem mais informação relevante e não sobre o seu desempenho diretamente observável.

Nosso modelo define, ainda, aleatoriedade quanto ao número de indivíduos que um indivíduo observa e pode imitar. Dependendo da movimentação dos indivíduos, aleatoriamente definida, a vizinhança, que define o raio de alcance de observação do indivíduo, pode conter de 0 a  $p - 1$  indivíduos, onde  $p$  é o tamanho da população. Isso torna o modelo mais realista, aproximando de um comportamento de mercado, onde o indivíduo, geralmente, interage um número variável de outros indivíduos em cada intervalo de tempo. Veremos a frente que existe uma relação não linear entre o tamanho da população e a média de convergências observadas em simulações.

Como os indivíduos temem assumir posições definitivas que não configurem o estado de convenção, mas desejam se coordenar em uma única decisão, ou seja, sabem que deverão assumir uma decisão para um estado melhor que o atual, precisamos de um modelo em que a emergência da convenção seja problematizada como a obtenção de um estado relativamente raro em que alguns indivíduos aceitam se conformar com uma decisão por se sentirem suficientemente seguros. Definiremos, na próxima seção, três diferentes estratégias que revelam três diferentes graus de disposições à imitação, daí nossa classe de estratégias ser denominada como disposição à conformidade com um comportamento observado. Se no modelo de Young o início do processo já indica a possibilidade de convergência, no nosso o início da convergência ocorre apenas quando, aleatoriamente, se configura um estado, dentro do processo em curso, que permite a convergência. Este início de convergência configura, quando estabilizado, um processo irreversível, não ergódico. É evidente ainda que se os indivíduos acreditam que podem confiar no conjunto de evidências que dispõem, a imitação configura uma estratégia de melhor resposta (um caso particular, com memória igual a 1), não indo contra as motivações de Young para a utilização deste método.

Nosso modelo é construído em um ambiente artificial,<sup>4</sup> utilizando o programa NetLogo 4.0.3,<sup>5</sup> no qual um conjunto de indivíduos busca, através de estratégias que utilizam informações locais consideravelmente reduzidas, se alinhar a uma possível convenção em formação. Veremos que o comportamento de cada indivíduo faz com que emirjam estruturas em que, dependendo do grau de disposição a imitar, constituem conjuntos de indivíduos que agregam a maioria da população e, em algumas ocasiões, toda ela.

Podemos, portanto, sumarizar os motivos que nos levaram a escolher o método de simulações por computador:

1. A necessidade de modelar situações caracterizadas pela possibilidade de irreversibilidade impossibilita o uso de processos de Markov finitos, irredutíveis e aperiódicos, assim como descaracteriza a dinâmica de replicação dos modelos tradicionais de teoria dos jogos evolucionários;

<sup>3</sup>Para um resumo da literatura existente sobre imitação, ver a introdução deste trabalho de Orléan.

<sup>4</sup>Uma apresentação deste tipo de metodologia pode ser encontrada em Epstein e Axtell (1996).

<sup>5</sup>O NetLogo4.0.3 pode ser obtido gratuitamente através do sítio [ccl.northwestern.edu/netlogo](http://ccl.northwestern.edu/netlogo). O autor terá o prazer de enviar por e-mail o programa construído para realizar as simulações presentes neste trabalho.



2. A possibilidade de um número elevado de equilíbrios (14 se obtivermos unanimidades mais um conjunto bem maior de resultados finais com mais de uma cor em que a convenção é o resultado seguido pela maioria) e de não linearidade nas equações diferenciais tornam o tratamento analítico proibitivo;
3. O método dispensa a evidência de funções de utilidade bem definidas e, ainda, dispensa a hipótese de homogeneidade dos indivíduos. É apenas necessário que o resultado coordenado seja preferível para todos os indivíduos;
4. Podemos modelar situações mais complexas, onde o número de indivíduos alocados conjuntamente em cada período de tempo é aleatório;
5. Modelagens analíticas como as sumarizadas na introdução deste artigo geralmente se apoiam em posteriores simulações, evidenciando que os métodos são complementares. As simulações fornecem estatísticas populacionais que permitem a análise e o aperfeiçoamento do modelo em busca de resultados mais realistas Arthur (1990);
6. Axelrod e Tesfatsion (2006) elucidam o fato que modelos computacionais baseados em agentes possuem a qualidade de serem didáticos. Chamamos ainda a atenção para o fato do modelo poder ser replicado a custo próximo de zero, uma vez que o software é livre. Demais pesquisadores podem, ainda, facilmente, alterar o modelo e aperfeiçoá-lo em conformidade com as suas pesquisas.<sup>6</sup>

### 3. DESCRIÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÕES

Nosso modelo de análise propõe a consideração sobre simulações de interações descentralizadas de um conjunto de indivíduos em um determinado ambiente. O ambiente é definido por um reticulado com 1764 casas. Este é apresentado na interface do programa como um retângulo, mas configura a figura geométrica de um torus. Assim, quando um indivíduo ultrapassa o limite superior (inferior) do retângulo, ele reaparece no limite inferior (superior) e quando ultrapassa o limite ocidental (oriental) do retângulo, ele reaparece no limite oriental (ocidental). A cada início de interação, um número arbitrariamente escolhido, menor ou igual a 1763, de indivíduos é distribuído aleatoriamente pelo reticulado, seguindo a regra inicial de que nenhuma casa do reticulado receba mais do que um indivíduo. Após a primeira movimentação é permitido que mais de um indivíduo ocupe uma casa. Os indivíduos criados desta forma são divididos aleatoriamente entre catorze cores.<sup>7</sup> A Figura 1 apresenta uma distribuição inicial com 1.000 indivíduos.<sup>8</sup>

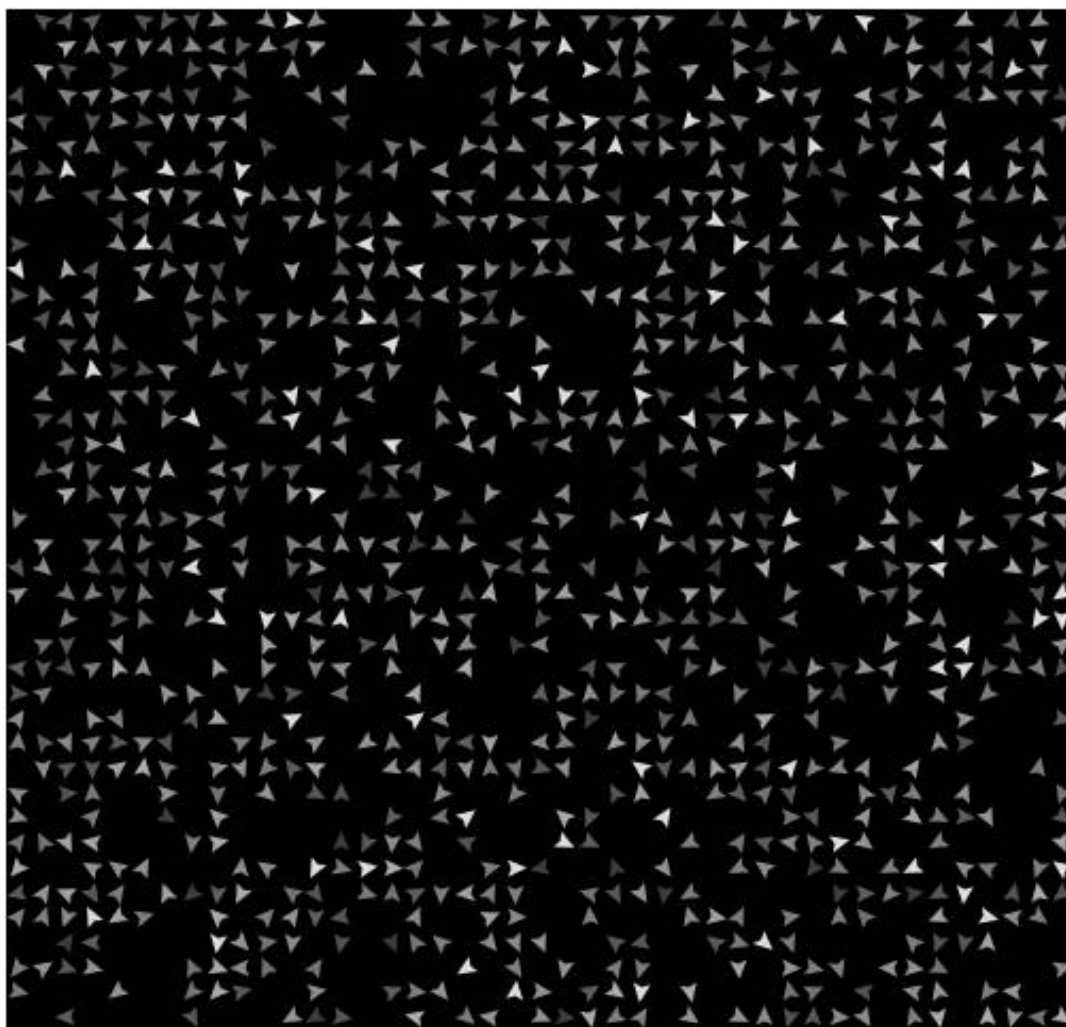
Os indivíduos são simétricos, na medida em que todos são criados e alocados conforme as mesmas regras e possuem as mesmas capacidades cognitivas e computacionais. Os indivíduos desejam fazer parte de uma maioria, de preferência de uma unanimidade. O elemento comum que defini uma maioria ou uma unanimidade é a cor dos indivíduos. Como se espera que, em média, haja um número igual de indivíduos de cada cor, porque são criados distribuídos aleatoriamente entre as diferentes cores, temos o resultado que, para constituir uma maioria ou uma unanimidade, pelo menos grande parte dos indivíduos terá mudado de cor ao atingir este objetivo. No caso de uma unanimidade, em média, treze catorze avos da população encerraram o processo com uma cor diferente da que começou.

<sup>6</sup>Por motivo de simplicidade ocultamos estes procedimentos neste artigo, mas em demais configurações pudemos facilmente inserir os choques exógenos de Young, ou ainda, heterogeneidade dos agentes quanto ao grau de disposição à imitação ou aumento da racionalidade dos indivíduos.

<sup>7</sup>As cores são: *red, green, lime, cyan, turquoise, sky, gray, orange, violet, blue, pink, yellow, brown e magenta*; quais são as cores bases disponíveis no NetLogo 4.0.3

<sup>8</sup>Por cores, os indivíduos estão divididos em 65 *red*, 69 *green*, 63 *lime*, 60 *cyan*, 68 *turquoise*, 75 *sky*, 84 *gray*, 74 *orange*, 81 *violet*, 75 *blue*, 77 *pink*, 79 *yellow*, 76 *brown* e 54 *magenta*.

Figura 1: Estado inicial com uma população com 1000 indivíduos





Para a construção do modelo supomos que não incorre em custo o indivíduo ao alterar a sua cor. Os indivíduos também não possuem preferência por qualquer uma das cores. Assim, podemos dizer que os catorze equilíbrios puros, que configuram as catorze possíveis unanimidades, apresentam o mesmo retorno máximo para os indivíduos. Isto representa o caso extremo de problema de coordenação que Lewis (1969) estuda. Neste caso somente a saliência pela precedência pode indicar a convenção em formação, porque não há na análise dos retornos nenhuma informação que possa ser utilizada, sob qualquer critério predeterminado – como a saliência psicológica da simetria, por exemplo – que possa indicar um equilíbrio mais provável e/ou preferível dentre as catorze unanimidades.

Precisamos definir as capacidades cognitivas e computacionais dos indivíduos e as estratégias de interação que eles utilizam para gerar e observar um processo que possa ser acompanhado de seleção de uma cor como a convenção. Para isto, definimos que cada indivíduo possui a capacidade de observar a cor dos demais que, porventura, habitam as oito casas que compõem a sua vizinhança. Na Figura 2, por exemplo, cada indivíduo que habitar a casa *a* será vizinho dos habitantes das casas *b, c, d, e, f, g, h* e *i*; enquanto que cada indivíduo que habitar a casa *j* será vizinho dos indivíduos que habitarem as casas *k, l, m, n, o, p, q* e *r*. Obviamente a percepção é elevadamente reduzida em relação à quantidade de casas, 1764, que compõe o reticulado do nosso modelo. A estratégia do indivíduo deve levar em consideração o conjunto de informação disponível, o objetivo de configurar uma maioria ou unanimidade e a aversão à situação de terminar o processo fora da convenção. Suporemos três estratégias que os indivíduos podem utilizar para, com seu conjunto limitado de informações, tentar perceber e seguir a convenção em formação.

Na primeira estratégia ( $s_1$ ), o indivíduo, quando o número de indivíduos que habitam as oito casas de sua vizinhança é maior ou igual a um, aplica uma regra de maioria para tomar a decisão de ficar ou de sair da casa. A regra de maioria consiste em verificar se o número de indivíduos com a mesma cor que a sua é igual ou maior que a metade do número de indivíduos que habitam a vizinhança. Caso não haja vizinhos nesta localização ou no caso da cor do indivíduo não seja a de maioria, ela/ele se desloca desta casa e adota, aleatoriamente, uma nova cor, repetindo o processo até estar satisfeito com a sua situação. A segunda ( $s_2$ ) e a terceira estratégia ( $s_3$ ) são muito semelhantes à primeira. O que muda é que na segunda estratégia o indivíduo exige que haja ao menos dois ou mais indivíduos habitando na vizinhança, na terceira estratégia, o indivíduo aumenta sua exigência para ao menos três indivíduos.<sup>9</sup> Formalmente temos:

$$f(i, v, n) = \begin{cases} 0, & \text{se } v < i \text{ ou } (v \geq i \text{ e } \frac{v}{2} > n), \\ 1, & \text{se } v \geq i \text{ e } \frac{v}{2} \leq n, \end{cases}$$

com  $i = 1, 2, 3$ , sendo  $i$  índice das estratégias,  $v$  o número de vizinhos e  $n$  o número de vizinhos com a mesma cor que o indivíduo.  $f$  é a função de satisfação e de insatisfação, assumindo o valor 0 quando o indivíduo está insatisfeito e 1 quando ele está satisfeito.

O deslocamento dos indivíduos insatisfeitos também é aleatório e definido pela seguinte regra: o indivíduo escolhe aleatoriamente uma inclinação entre  $1^\circ$  e  $360^\circ$  a partir da sua direita e caminha uma quantidade de casas nesta direção escolhida aleatoriamente entre um e dez. É importante notar que a movimentação dos indivíduos insatisfeitos pode afetar os satisfeitos uma vez que pode alterar a maioria de uma vizinhança qualquer para onde se deslocou. Uma maioria local é formada quando em uma vizinhança se acumulam indivíduos satisfeitos, isto é, com uma mesma cor. Este acúmulo de indivíduos configura o início do processo de convergência. A irreversibilidade do processo se materializa neste momento, tornando-se crescentemente com o número de vizinhos que adotam o mesmo comportamento.

<sup>9</sup>O número mínimo de vizinhos requeridos pode ser alterado na seguinte linha do Procedures: set maioria? similar-nearby >= (totalnearby/ 2) and total-nearby > x. O vetor  $\mathbf{S} = (s_1, s_2, s_3)$ , fica definido através do vetor de valores de  $\mathbf{x}$ ,  $\mathbf{x} = (0, 1, 2)$ . Obviamente o número de estratégias pode ser igual ao número de indivíduos menos 1. Como veremos adiante, porém, para nossa análise, as três estratégias são suficientes para demonstrar nossos propósitos.



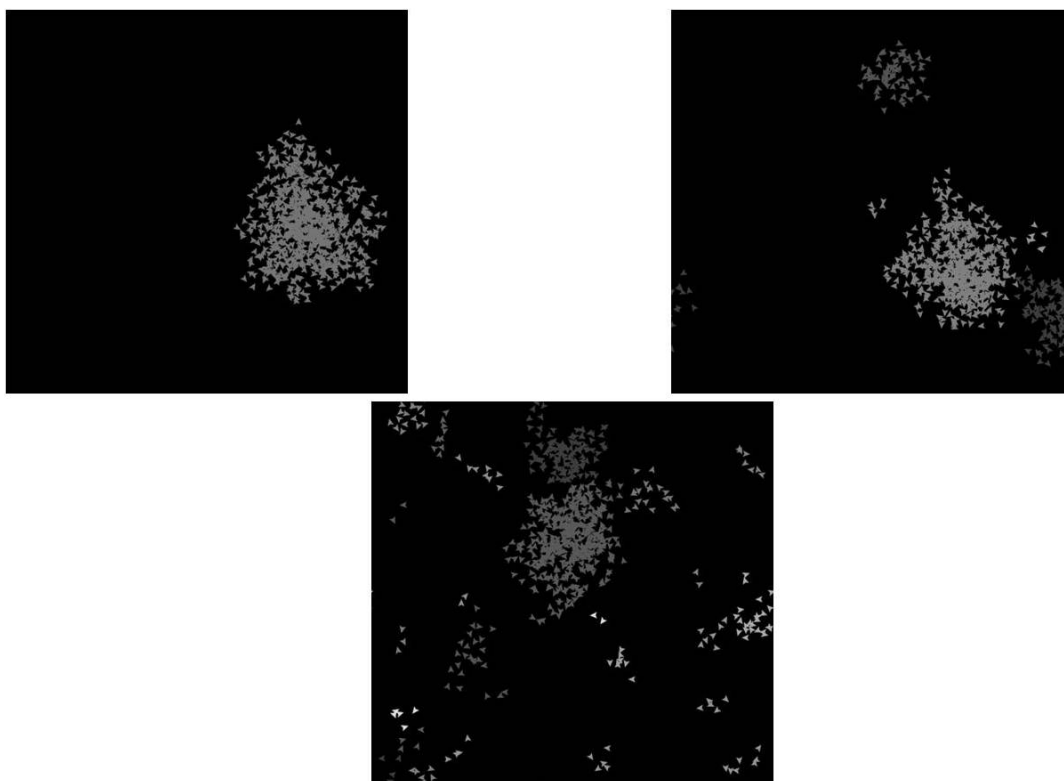
Figura 2: Vizinhanças

<i>g</i>	<i>h</i>	<i>i</i>			
<i>f</i>	<i>a</i>	<i>b</i>			
<i>e</i>	<i>d</i>	<i>c</i>	<i>p</i>	<i>q</i>	<i>r</i>
			<i>o</i>	<i>j</i>	<i>k</i>
			<i>n</i>	<i>m</i>	<i>l</i>



O processo é encerrado quando não há mais nenhum indivíduo insatisfeito. Como resultado final, temos a formação de uma quantidade de maiorias locais com o número de cores que pode, a princípio, variar de um a catorze. Definimos unanimidade quando resta apenas uma cor e maioria principal como o número de indivíduos que possuem a cor mais observada ao final de um processo. Na Figura 3a, no canto superior esquerdo da Figura 3, observamos uma unanimidade obtida em uma simulação com 700 indivíduos utilizando a estratégia  $s_3$ . Na Figura 3b, no canto superior direito da Figura 3, observamos uma maioria principal com 504 indivíduos além de quatro maiorias locais com 117, 67, 7 e 5 indivíduos respectivamente, obtidas em uma simulação com 700 indivíduos utilizando a estratégia  $s_2$ . Na Figura 3c, na parte inferior da Figura 3, observamos uma maioria principal com 414 indivíduos além de treze maiorias locais, obtidas em uma simulação com 700 indivíduos utilizando a estratégia  $s_1$ .

Figura 3: Três exemplos de resultados finais



A escolha das estratégias pode ser definida analogamente a uma maior ou menor disposição de um indivíduo a imitar um comportamento observado. O indivíduo que utiliza a primeira estratégia está apto a imitar, iniciar a formação de uma maioria local juntamente com, um único indivíduo que habita a sua vizinhança. O indivíduo que utiliza a segunda estratégia se conforma apenas com ao menos dois indivíduos e o que utiliza a terceira estratégia, com ao menos três indivíduos para imitar seu comportamento. A observação da cor faz parte do conjunto de informações que estão à disposição de cada indivíduo. A escolha da estratégia é definida pela crença na capacidade deste comportamento intuitivo de acertar qual a convenção em formação. Na próxima seção analisaremos resultados de simulações que pressupõe a adoção por todos os indivíduos de uma mesma estratégia. Uma justificativa para esta

opção é que o resultado da interação configura um estado global observado e compartilhado por todos os indivíduos ao final do processo.

#### 4. RESULTADO DAS SIMULAÇÕES

Para a exposição dos resultados dos experimentos temos que evidenciar um primeiro fator que influencia na facilidade de um processo de convergência. Como os processos configuram sistemas abertos definidos pelo comportamento aleatório dos indivíduos, não podemos afirmar que em uma dada configuração não haverá nunca o início de um processo de convergência.<sup>10</sup> O primeiro fator de análise é a densidade populacional. Como o número de casas do ambiente permanece inalterada, 1764, temos que a densidade é definida pela escolha do número  $p$  de indivíduos em um processo. O fator da densidade é relevante dadas as seguintes observações: com baixa densidade, o número de encontros entre os indivíduos se reduz levando a um conjunto grande de vizinhanças vazias, o que dificulta o início de processo principalmente nas simulações nas quais os indivíduos utilizam estratégias que exigem um número maior de vizinhos para considerar a imitação; com elevada densidade, o tráfego intenso de indivíduos insatisfeitos “destrói” vizinhanças em estágios iniciais de formação de uma maioria local. Disto a relação de não-linearidade entre  $p$  e o número médio de convergências. Observamos, ainda, que maiorias locais construídas a partir de estratégias mais restritivas quanto à disposição a imitar são mais “resistentes” ao tráfego de indivíduos insatisfeitos.

Para definir a população mínima de análise escolhemos como regra que uma configuração que não exibisse início de convergência até o período de tempo igual a 20.000 em três simulações seguidas, para cada uma das três estratégias, seria descartada e em seguida seria experimentada, pela mesma regra, a população com dez indivíduos a mais. Desta forma obtemos uma população mínima de cento e dez indivíduos.

O segundo fator que levamos em consideração foi o tempo inicial de formação de um processo de convergência. Se a formação de uma maioria e, de preferência, de uma unanimidade representa um ganho para os indivíduos, é coerente pensar que eles desejam que isto ocorra o quanto antes. Desta forma, definimos arbitrariamente, que uma simulação que não apresenta início de processo de convergência até o período 5.000, pode ser encarada como uma simulação que não convergiu. Para obter dados comparativos para as três estratégias que descrevemos na seção anterior, realizamos 1.500 simulações, divididas em 50 simulações para cada estratégia para as populações de 110, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900 e 1.000 indivíduos, conforme os resultados expostos nas tabelas 1, 2 e 3.

O primeiro dado a ser analisado é o número de convergências. Para a estratégia  $s_1$  há convergência em todas as simulações de 110 até 600 indivíduos, enquanto que para a estratégia  $s_2$ , há convergência para todas as simulações entre 110 e 700 indivíduos. Para a estratégia  $s_3$  não há nenhuma população que apresente convergência nas 50 simulações. O número de convergência tem seu ápice, 49 convergências, para a população de 400 indivíduos e fica abaixo de 40 convergências após a população de 600 indivíduos. Na Tabela 1 temos os dados sobre o tempo de convergência. Utilizando a estratégia  $s_3$ , os tempos iniciais médios de formação de um processo de convergência e os tempos finais médios de convergência (e, conseqüentemente, as durações médias dos processos) são sempre maiores, para qualquer população, que os observados para os indivíduos que utilizam as estratégias  $s_2$  e  $s_1$ . Já a estratégia

<sup>10</sup>Não podemos definir se para qualquer configuração de nosso modelo, o programa é computável ou incomputável. O programa é computável quando, em um período de tempo qualquer, inicia um processo de convergência. O programa é incomputável, quando, para qualquer período de tempo de simulação, nunca inicia um processo de convergência. Para uma discussão teórica sobre computabilidade e incomputabilidade ver Flake (1999, pp. 23–58).

Tabela 1: Resultados das simulações para as estratégias  $s_1$ ,  $s_2$  e  $s_3$ 

Indivíduos	Convergências			Tempo inicial médio			Tempo final médio			Duração média		
	$s_1$	$s_2$	$s_3$	$s_1$	$s_2$	$s_3$	$s_1$	$s_2$	$s_3$	$s_1$	$s_2$	$s_3$
110	50	50	3	38,70	238,66	2932,00	353,08	1661,50	5279,00	314,38	1422,84	2347,00
200	50	50	33	30,80	151,28	2588,97	329,40	1123,30	4434,76	298,60	972,02	1845,79
300	50	50	47	44,36	135,38	1438,43	371,76	965,46	2943,70	327,40	830,08	1505,28
400	50	50	49	64,26	187,06	1206,53	473,46	946,68	2532,00	409,20	759,62	1325,47
500	50	50	48	122,42	281,86	1211,00	617,30	1115,88	2443,33	494,88	834,02	1232,33
600	50	50	45	411,66	621,16	1519,29	1109,88	1522,84	2673,36	698,22	901,68	1154,07
700	48	50	34	1219,35	1206,82	2097,67	1795,00	2123,34	3114,67	575,65	916,52	1017,00
800	40	32	20	2040,77	2164,87	2717,15	2671,15	3039,72	3842,05	630,37	874,84	1124,90
900	16	17	13	2483,50	1881,82	2620,46	3128,81	2809,71	3816,54	645,31	927,88	1196,08
1000	8	3	5	2570,50	2551,67	3699,60	3241,37	3574,67	4811,40	670,87	1023,00	1111,80

$s_2$  apresenta tempos iniciais médios de formação de um processo de convergência menores que os observados para as simulações utilizando a estratégia  $s_1$  para populações acima de 600 indivíduos. Os tempos finais médios e os períodos de duração dos processos são, porém, sempre maiores.

Na Tabela 2 observamos que, para qualquer população, o número médio de indivíduos que formam uma maioria principal é sempre maior em uma simulação na qual os indivíduos utilizam a estratégia  $s_3$  e sempre menor em uma simulação em que utilizam a estratégia  $s_1$ . A Tabela 2 ainda fornece uma discrição adicional sobre a maioria principal, mostra, por exemplo, que nenhuma maioria principal em simulação com indivíduos utilizando a estratégia  $s_1$  possui 90 por cento ou mais da população. Estes dados evidenciam que quanto mais exigentes os indivíduos são em relação à maioria, no sentido em que desejam que ela possua o maior percentual possível de indivíduos da população, mais tenderão a escolher as estratégias mais restritivas, que exigem mais indivíduos em uma vizinhança para considerar a imitação.

A Tabela 3 apresenta dados com relação à configuração do ambiente ao final de um processo, com relação ao número de cores observadas. Tanto a média quanto a moda do número de cores evidenciam que a estratégia  $s_1$  tem reduzido poder de seleção de cores. Há uma melhora significativa quando observamos os dados sobre a estratégia  $s_2$  e a percepção de uma preponderância de resultados de unanimidades para a estratégia  $s_3$ , o que já aparecia indicado nos dados da Tabela 2.

Podemos, agora, sintetizar dois fatores que influenciam na consideração da escolha de estratégia pelos indivíduos. Fixada uma população  $p$ , temos, primeiramente, o fator tempo. Como adiantado acima, espera-se a preferência dos indivíduos por um menor tempo de espera para a configuração de uma maioria ou unanimidade. O outro fator é a qualidade da maioria. Espera-se não apenas que os indivíduos desejem uma maioria com mais indivíduos, como também se espera que cada indivíduo tenha um grau de aversão em relação à possibilidade de terminar o processo fazendo parte de uma minoria. Temos, como resultado geral, que o fator tempo favorece a escolha de estratégias menos restritivas, enquanto que o fator número de indivíduos na maioria principal (assim como seu fator correlacionado, a aversão a pertencer a uma maioria local não principal) favorecem a escolha de estratégias mais restritivas.

O baixo desempenho de seleção de uma estratégia pouco restritiva, na qual o indivíduo tende a imitar com maior facilidade, é muito semelhante ao fenômeno observado por Orléan (1998) e cunhado por este como a “ambivalência da imitação”. Neste artigo o autor supõe um ambiente que possui um determinado estado que se altera de tempo em tempo. Os indivíduos não sabem quando o estado se alterou, e desejam sabê-lo para aumentar seus retornos. Além da informação privada, que consiste nos erros e acertos passados, cada indivíduo pode observar a tomada de decisão dos outros indivíduos. A chamada ambivalência da imitação aparece nas simulações realizadas pelo autor que mostram que quando um indivíduo considera e em uma parcela das vezes imita o comportamento dos outros indivíduos, o

Tabela 2: Resultados das simulações para as estratégias  $s_1$ ,  $s_2$  e  $s_3$ 

Indivíduos	Observações com determinada porcentagem de indivíduos na maioria																	
	Número médio de indivíduos na maioria principal			50/100 ou mais			75/100 ou mais			90/100 ou mais			95/100 ou mais			Unanimitades		
	$s_1$	$s_2$	$s_3$	$s_1$	$s_2$	$s_3$	$s_1$	$s_2$	$s_3$	$s_1$	$s_2$	$s_3$	$s_1$	$s_2$	$s_3$	$s_1$	$s_2$	$s_3$
110	22,84	68,82	110,00	0	37	3	0	10	3	0	8	3	0	7	3	0	7	3
200	38,20	95,40	199,39	0	18	33	0	3	33	0	1	33	0	1	32	0	1	32
300	66,14	151,79	300,00	0	18	47	0	7	47	0	1	47	0	1	47	0	0	47
400	113,32	213,46	374,16	1	24	49	0	7	45	0	1	38	0	0	38	0	0	37
500	193,64	319,40	478,60	2	35	48	0	15	45	0	2	42	0	1	40	0	1	40
600	323,62	472,34	551,38	34	48	45	1	35	38	0	13	35	0	6	31	0	1	31
700	463,40	599,42	659,79	42	50	34	8	43	32	0	20	25	0	3	24	0	0	22
800	574,05	701,78	777,30	38	32	20	16	29	19	0	18	18	0	3	18	0	0	18
900	694,31	832,12	892,23	16	17	13	12	16	13	0	13	13	0	8	12	0	2	11
1000	824,00	937,33	1000,00	8	3	5	8	3	5	0	3	5	0	1	5	0	0	5

Tabela 3: Resultados das simulações para as estratégias  $s_1$ ,  $s_2$  e  $s_3$ 

Indivíduos	Convergências			Número médio de cores ao final			Moda do número de cores			Ocorrências do valor da moda		
	$s_1$	$s_2$	$s_3$	$s_1$	$s_2$	$s_3$	$s_1$	$s_2$	$s_3$	$s_1$	$s_2$	$s_3$
110	50	50	3	11,12	2,48	1,00	11	3	1	19	19	3
200	50	50	33	12,40	4,26	1,03	13	4	1	21	17	32
300	50	50	47	12,34	4,56	1,00	13	5	1	22	17	47
400	50	50	49	12,38	4,76	1,27	13	4	1	22	18	37
500	50	50	48	11,98	4,32	1,19	13	5	1	16	16	40
600	50	50	45	12,10	3,70	1,40	13	4	1	17	14	31
700	48	50	34	11,77	3,82	1,38	13	3	1	16	17	22
800	40	32	20	11,50	3,91	1,10	11	4	1	11	11	18
900	16	17	13	12,25	3,82	1,23	12	4	1	5	5	11
1000	8	3	5	11,88	3,00	1,00	12	*	1	3	1	5

\* Houve uma ocorrência com duas cores, uma com três cores e uma com quatro cores.

número de acertos tende a aumentar até um limite. Atingido este limite, o elevado grau de imitação torna o ambiente instável levando os indivíduos a erros recorrentes. Em nosso modelo, quanto mais facilmente os indivíduos se dispõem a imitar, menos cores são excluídas do ambiente e mais distante a maioria principal se apresenta de uma unanimidade.

## 5. APLICAÇÃO PARA A CONSIDERAÇÃO DA MOEDA COMO UMA CONVENÇÃO

Definir a moeda como uma convenção significa explicitar a idéia que um indivíduo aceita uma moeda porque espera que os demais também a aceitarão ou, de outra forma, que os indivíduos de uma economia agem coordenadamente aceitando uma mesma forma como moeda. A principal característica da moeda é que os indivíduos sabem, e confiam na informação que, dentre várias formas possíveis, é esta a moeda que é aceita de forma generalizada na economia. Isto define e garante a liquidez da moeda e um dos seus motivos de demanda.

A idéia do caráter convencional da moeda aparece como *insight* em autores como Locke (1690, pp. 28–30), Hume (1740, pp. 488–490), Hume (1752, pp. 115–122), Mill (1848, p. 542), Lewis (1969, pp. 48–49), Tobin (1992), Young (1993, p. 57), Young (1996, p. 105), Young (1998). Em Kiyotaki e Wright (1989, 1991, 1993) aparece como hipótese necessária para a observação do equilíbrio que define a aceitabilidade da moeda. Em Menger (1871, 1892, 1909), Orléan (1985, pp. 147–158) e Aglietta e Orléan (2002), porém, são construídas hipóteses que procuram explicitar o processo de formação da moeda-convenção.<sup>11</sup>

A teoria da moeda de Menger busca explicitar a emergência de uma instituição social que ele chama de meio de troca de aceitação generalizada. A hipótese do autor é que os indivíduos aprendem que em determinado mercado algumas mercadorias se mostram mais “vendáveis” que outras. Espera-se que uma mercadoria mais vendável possa ser trocada, pelo seu preço de mercado, com mais facilidade, com menos esforço e em menor tempo. Desta percepção, cada indivíduo passa a aceitar mercadorias que não desejam para consumo final, unicamente porque acreditam que com estas mais vendáveis que aquelas

<sup>11</sup>A tradição iniciada pelos trabalhos de Kiyotaki e Wright inspirou autores a desenvolverem modelos que explicitam a escolha, definição ou emergência de um equilíbrio. Marimon et alii (1990) utilizam algoritmos genéticos para explicitar a definição de um equilíbrio. Prado (2001) utiliza o instrumental da teoria dos jogos evolucionários, evidenciando a possibilidade de equilíbrios múltiplos e as condições de determinação destes.

que produzem podem conseguir mais facilmente as mercadorias que desejam para consumo. Menger defende a hipótese de que com o passar do tempo os indivíduos aprendem quais são e selecionam cada vez mais as mercadorias mais vendáveis, até que em determinado momento uma única mercadoria é selecionada e reconhecida socialmente como o meio de troca de aceitação generalizada da economia. Na teoria de Menger não existe a hipótese do desejo de formação de uma convenção, mas a observação que o comportamento de cada indivíduo que busca melhorar suas condições de troca dá origem a este tipo de convenção.

A teoria de Aglietta e Orléan também se baseia em um processo de aprendizagem e imitação como o de Menger, mas possui pressupostos distintos e mais radicais, no sentido que qualquer mercadoria pode, a princípio, se tornar a moeda da economia – e não apenas uma mercadoria do grupo das mais vendáveis. A teoria dos autores defende que em uma sociedade onde não existem laços sociais de proteção, onde a subsistência depende da capacidade do indivíduo de obter recursos nos mercados, necessita de uma forma bem definida e socialmente reconhecida de riqueza líquida, para garantir aos agentes alguma forma de segurança frente à incerteza fundamental que a organização pelos mercados carregaria.

Aglietta e Orléan expõem um processo no qual, anteriormente a determinação da forma líquida da riqueza, existe uma rivalidade entre cada indivíduo, a ponto do processo de troca ser inviabilizado. Quando ninguém sabe qual é a forma eleita da riqueza líquida, todos desconfiam da demanda de todos. Por exemplo, quando o indivíduo *A* demonstra interesse pela mercadoria *x* do indivíduo *B*, este não se dispõe a trocá-la com *A*, mesmo que este possua uma mercadoria de sua necessidade, porque suspeita que *A* possua alguma informação que indique que a mercadoria *x* possa se tornar a forma eleita de riqueza líquida. Todos os demais indivíduos que observam esta demanda se portam da mesma maneira que o indivíduo *B*. Os autores defendem que o processo de imitação de demandas acaba selecionando as mercadorias, até que apenas uma se torna a mais desejada de todas, gerando uma crença generalizada na sociedade de que esta é a moeda da economia. Orléan (1985) já havia adiantado as condições necessárias para que este processo estocástico leve a seleção de uma única mercadoria.<sup>12</sup>

Podemos aplicar nosso modelo seguindo principalmente as considerações de Menger, mas também de Aglietta e Orléan. Tomemos uma sociedade com um número fixo de indivíduos que produzem e trocam um conjunto de mercadorias. Cada indivíduo consegue sobreviver produzindo uma quantidade de mercadoria que excede seu consumo e trocando diretamente no mercado esse excedente pelas demais mercadorias que necessita. A troca direta implica em custos de transação, porque o indivíduo necessita encontrar outro que deseje a sua mercadoria e que possua a mercadoria de seu interesse, existe o problema de necessidade de dupla coincidência de vontades, conforme definido por Jevons (1910). Existe, ainda, um conjunto de 14 mercadorias, com oferta fixa, e que são aceitas com maior facilidade que as demais na economia. Estas são, a princípio, igualmente vendáveis. Cada agente percebe esta aceitabilidade diferenciada e passa a utilizar estas mercadorias em trocas indiretas. Como o valor unitário de cada uma dessas mercadorias é considerável dentro da dotação de cada indivíduo, estes aceitam em troca apenas uma quantidade reduzida de cada uma destas mercadorias por período. Se a aceitabilidade fosse generalizada, os agentes se disporia a aceitar a mercadoria em qualquer quantidade. Particularmente assumimos que cada indivíduo aceita trocar indiretamente apenas quando ela/ele observa que a mercadoria que ela/ele carrega no momento é a aceita pela maioria de seus vizinhos, com as noções de vizinhança e de disposição à conformidade definidas conforme nosso modelo. Se não observar este fato, o indivíduo altera seu comportamento, alterando a mercadoria que utiliza para troca e procurando no-

<sup>12</sup>Segundo o autor Orléan (1985, p. 154), o processo de imitação de demandas pode ser modelado através de uma cadeia de Markov construída a partir das probabilidades de encontro entre os agentes. Segundo o autor, são características de um processo convergente a indiferenciação dos agentes (no sentido que nenhum, a princípio, possui saliência ou poder para forçar a sua mercadoria como a escolhida), a seleção de uma única mercadoria, a indeterminação *ex ante* da mercadoria eleita e a auto-realização do resultado final (do equilíbrio). A indiferenciação dos agentes e a indeterminação podem ser entendidas como formas de definir um processo de Markov com probabilidades homogêneas e aperiódico, respectivamente, indicando ser um caso particular dos tratados por Young (1998).



vos parceiros comerciais. Quando o indivíduo recorrentemente aceita uma mesma mercadoria em troca porque percebe recorrentemente uma maioria de indivíduos aceitando e oferecendo esta mercadoria, quando o processo começa a convergir, sua percepção se altera e ela/ele passa a considerar a aceitabilidade desta mercadoria como relevantemente maior do que das outras e passa a aceitá-la em proporções maiores em relação a sua dotação. Quando uma mercadoria se torna um ativo com liquidez localmente percebida como elevada, os indivíduos não apenas podem acumular mais desta mercadoria escolhida (o que configura o início do fenômeno de irreversibilidade da tomada de decisão) como podem ainda passar a constituir posições de crédito e débito nestas mercadorias, porque sua aceitabilidade futura é vista como elevada e, no caso extremo, como garantida. Indivíduos que acertam na escolha da mercadoria que será utilizada pela maioria como moeda possuirão posições em um ativo com maior liquidez. Indivíduos que erram se encontrarão em uma situação em que possuem estoques e/ou posições de crédito e débito definidas em uma mercadoria com liquidez reduzida. Ao final do processo, conforme observado pelas simulações, quanto maior for a disposição dos indivíduos a conformidade com o comportamento observado, maior será o número de indivíduos que terminam o processo de emergência da moeda fora da maioria que aceita a mercadoria de maior liquidez.

A aplicação de nosso modelo à teoria de Menger também evita um erro comum de interpretação que ocorre mesmo em autores Neo-Austriacos de destaque O'Driscoll (1986), O'Driscoll e Rizzo (1996) e Klein e Selgin (2000). É comumente interpretado que, na teoria de Menger, é a mercadoria mais vendável a que irá se tornar a moeda da economia. Na verdade, como o processo é descentralizado, qualquer mercadoria de um grupo das mais aceitas pode se tornar a moeda da economia.

## 6. APLICAÇÃO PARA A CONSIDERAÇÃO DO PADRÃO TECNOLÓGICO ADOTADO COMO UMA CONVENÇÃO

O artigo pioneiro de Arthur (1989) demonstra, através de um modelo simples que considera a preferência de diferentes tipos de indivíduos por cada tecnologia e os ganhos da adoção de uma tecnologia em função do número de indivíduos que já a adotaram, que o processo de escolha entre tecnologias concorrentes pode ser caracterizado por equilíbrios múltiplos. Seu resultado informa que não é possível aos indivíduos conhecer *ex ante* a tecnologia que será adotada ao final do processo. O resultado pode ser determinado por pequenos eventos históricos, choques aleatórios, que geram *path-dependence* e *lock-in*. A definição de um padrão é desejada e ocorre em função dos retornos crescentes que advêm, principalmente, das externalidades de rede geradas por um maior número usuários. Rosenberg (1976), mais preocupado com as expectativas sobre a obsolescência de uma nova invenção, que tornariam os investidores menos aptos a adotarem uma tecnologia que não sabem em quanto tempo estará ultrapassada, nos fornece algumas informações relevantes para as vantagens da definição de uma convenção tecnológica. Um padrão tecnológico bem definido é beneficiado com melhorias e com um conjunto de ferramentas e acessórios específicos para o seu uso, o que faz aumentar os ganhos esperados do investidor. Uma tecnologia pouco utilizada, mesmo que gere ganhos iniciais de eficiência, pode se tornar obsoleta se for pouco difundida ou ultrapassada por outro padrão na economia. Assim, a tomada de decisão da maioria dos investidores fica dependente da percepção de estabilidade de um padrão, pelo desejo de maiores ganhos com as externalidades de rede e pela aversão a possibilidade de se adotar uma tecnologia efêmera.

Assim como o modelo de Arthur, nosso modelo é caracterizado por aleatoriedade na definição do equilíbrio, por *path-dependence* e *lock-in*. Diferentemente do modelo de Arthur, em nosso modelo não existe consideração sobre a preferência dos indivíduos pelas diferentes cores, os indivíduos são indiferentes quanto aos catorze equilíbrios que configuram as possíveis unanimidades. Além disso, eliminamos a necessidade da hipótese pouco realista de que cada indivíduo possui a informação global sobre o número de indivíduos que adquiriu cada um dos tipos de bens.



Podemos aplicar nosso modelo para aquisição de um bem cujo padrão tecnológico não está definido e que possui 14 variações no mercado. Para realizar esta aplicação vale a pena elucidar um fato histórico e a existência de uma instituição econômica formal. Um dos exemplos clássicos de definição de padrão tecnológico é referente à existência simultânea da tecnologia Betamax e da VHS, no início dos anos 1980, para reprodutores domésticos de gravação áudio visual. Antes da definição do padrão tecnológico era comum não apenas o estabelecimento comercial alugar a fita com o material de reprodução, mas também o aparelho de reprodução. A instituição formal é a modalidade de arrendamento mercantil na qual o contratante paga apenas pelo período em que utiliza o bem de propriedade do arrendador.

Imaginemos que existem 14 tipos de bens diferenciados apenas pelo padrão tecnológico que define insumos e serviços de manutenção específicos. Cada indivíduo é indiferente entre os bens, mas deseja que seja definido um padrão para que possa fazer uso da maior rede de fornecedores de insumo e de manutenção possível. Recorrentemente um indivíduo tem que alugar um bem e a cada vez procura imitar o comportamento da maioria observada, novamente seguindo os padrões do nosso modelo. Quando o indivíduo aluga recorrentemente um mesmo bem, porque recorrentemente observa a maioria local fazendo o mesmo, ela/ele se sente confiante em adquirir um ou mais deste bem, conforme sua necessidade, supondo para isso que possuir um bem seja economicamente superior ao estado de alugar recorrentemente. Se o indivíduo realiza uma compra que se demonstra a da maioria da economia, obterá o maior retorno em externalidades de rede, se o indivíduo comete um erro pode acabar o processo com um bem cujo uso é dificultado ou impossibilitado.

Em uma análise que considerasse os retornos esperados de cada estratégia, parece-nos conveniente chamar a atenção ao fato de que mesmo considerando que uma convenção gera externalidades de rede, a seleção e eliminação de alguns indivíduos pode gerar ganhos para os sobreviventes, quando a tecnologia significa um bem de produção, por exemplo. Neste caso, precisaríamos de um parâmetro para o ganho com as externalidades, crescente em relação à população final, e um parâmetro de ganhos de monopólio, decrescentes em relação à população final. Isto não ocorre, porém, no caso em que o padrão configura um bem final de consumo, neste caso não há rivalidade, disputa por frações de lucro, entre os indivíduos.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Objetivo da construção do nosso modelo é evidenciar a possibilidade de estruturas análogas a convenções sociais emergirem da simulação de processos de interação descentralizados, nos quais os indivíduos são caracterizados por

- (i) racionalidade limitada, na medida em que não possuem e nem são capazes de processar todas as informações presentes a cada instante no processo, utilizam regras simples de tomada de decisão baseadas na informação local que possuem e
- (ii) aversão à possibilidade de terminar o processo fora da convenção dada a possibilidade de irreversibilidade de uma tomada de decisão.

Dada uma disposição a imitar, os indivíduos podem passar a dividir localmente crenças sobre o fato da sua escolha ser ou vir a ser a convenção da economia. O elemento inicial de coordenação é a disposição a imitar que é estabelecida por um desejo individual de pertencer a uma maioria principal ou unanimidade em um tempo hábil e por uma aversão a pertencer a uma maioria não principal. Observamos que pequenas variações na predisposição a imitar levam a mudanças consideráveis nos resultados finais, indicando que estratégias de indivíduos mais restritivos à imitação levam a um maior tempo de processo e a um resultado final onde a unanimidade é mais provável ou, quando não obtida, mais próxima. Em seguida empregamos nossos resultados para analisar questões da teoria econômica como a emergência de uma moeda-convenção e a definição de um padrão tecnológico. Obviamente estas questões são caracterizadas por um grau de realismo ausente em nosso modelo, mas ficamos satisfeitos em observar



que a considerações sobre um processo gerado pela imitação, configurado por elevada simplicidade, pode gerar resultados coerentes com as discussões teóricas precedentes destes fenômenos econômicos.

## BIBLIOGRAFIA

- Aglietta, M. & Orléan, A. (2002). *La Monnaie Entre Violence et Confiance*. Odile Jacob, Paris.
- Anderlini, L. & Ianni, A. (1996). Competing Technologies, Increasing Returns and Learning from Neighbors. *Games and Economic Behavior*, 13:141–177.
- Arthur, W. B. (1989). Competing Technologies, Increasing Returns and Lock-in by Historical Events. *The Economic Journal*, 99(394):116–131.
- Arthur, W. B. (1990). A Learning Algorithm that Mimics Human Learning. *Santa Fe Institute Working Paper*, (90-026).
- Arthur, W. B. (1994). Inductive Reasoning and Bounded Rationality. *The American Economic Review*, 84(2):406–411.
- Axelrod, R. & Tesfatsion, L. (2006). A guide for newcomers to agent-based modeling in social sciences. In Tesfatsion, L. & Judd, K., editors, *Handbook of Computational Economics, Vol. 2: Agent-Based Computational Economics*, Handbooks in Economics Series. Elsevier, Amsterdam.
- Carpenter, J. P. (2002). Evolutionary Models of Bargaining: Comparing Agent-Based Computational and Analytical Approaches to Understanding Convention Evolution. *Computational Economics*, 19:25–49.
- Dequech, D. (2009). Institutions, Social Norms, and Decision-Theoretic Norms. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 72(1):70–78.
- Epstein, J. M. & Axtell, R. (1996). *Growing Artificial Societies - Social Science from the Bottom Up*. The MIT Press, Cambridge.
- Fama, E. F. (1965). The Behavior of Stock-Market Prices. *The Journal of Business*, 38(1):34–105.
- Flake, G. W. (1999). *The Computational Beauty of Nature – Computer Explorations of Fractals, Chaos, Complex Systems, and Adaptation*. The MIT PRESS, Cambridge.
- Hahn, F. (1991). The Next Hundred Years. *The Economic Journal*, 101(404):47–50.
- Hume, D. (1740). *A Treatise of Human Nature*. Clarendon Press, Cambridge, 2 edition. 1978.
- Hume, D. (1752). Of money. In Haakonssen, K., editor, *David Hume: Political Essays*. Cambridge University Press, Cambridge. 1994.
- Huyck, J., Battalio, R., Mathur, S., Huyck, P., & Ortmann, A. (1995). On Origen of Convention: Evidence from Symetric Bargaining Games. *International Journal of Game Theory*, 24:187–212.
- Jevons, W. S. (1910). Barter, money and the mechanism of exchange. In Clower, R. W., editor, *Monetary Theory*. Penguin Books. 1969.
- Keynes, J. M. (1936). *The General Theory of Employment, Interest, and Money*, volume 7 of *The Collected Writings of John Maynard Keynes*. Macmillan, Londres. 1973.
- Kiyotaki, N. & Wright, R. (1989). On Money as Medium of Exchange. *Journal of Political Economy*, 97(4):927–954.

- Kiyotaki, N. & Wright, R. (1991). A contribution to the Pure Theory of Money. *Journal of Economic Theory*, 53:215–235.
- Kiyotaki, N. & Wright, R. (1993). A Search-Theoretic Approach to Monetary Economics. *The American Economic Review*, 83(1):63–77.
- Klein, P. G. & Selgin, G. (2000). Menger's theory of money: Some experimental evidence. In Smithin, J., editor, *What is Money?* Routledge, Londres.
- Lewis, D. (1969). *Convention: A Philosophical Study*. Blackwell, Malden. 2002.
- Locke, J. (1690). *The Second Treatise of Government*. The Library of Liberal Arts, Indianápolis. 1981.
- Marimon, R., Mcgrattan, E., & Sargent, T. J. (1990). Money as a Medium of Exchange in a Economy with Artificially Intelligent Agents. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 14(2):329–373.
- Menger, C. (1871). *Principles of Economics*. The Free Press, Glencoe. 1950.
- Menger, C. (1892). On the Origen of Money. *The Economic Journal*, 2(6):239–255.
- Menger, C. (1909). Money. In Latzer, M. & Schmitz, S. W., editors, *Carl Menger and the Evolution of Payment Systems: From Barter to Electronic Money*. Edward Elgar. 2002.
- Mill, J. S. (1848). *Principles of Political Economy*. J. W. Parker, Londres. 1997.
- O'Driscoll, G. P. (1986). Money: Menger's Evolutionary Theory. *History of Political Economy*, 18(4):601–616.
- O'Driscoll, G. P. & Rizzo, M. J. (1996). *The Economics of Time and Ignorance*. Routledge, Londres.
- Orléan, A. (1985). Monnaie et speculation mimétique. In Dumouchel, P., editor, *Violence et Verité*. Grasset.
- Orléan, A. (1998). Informacional influences and the ambivalence of imitation. In Lesourne, J. & Orléan, A., editors, *Advances in Self-Organization and Evolucionary Economics*. Economica.
- Prado, E. F. S. (2001). O modelo de Kiyotaki-Wright: Uma versão de Economia Clássica. *Revista de Economia Contemporânea*, 5(2):201–220.
- Rosenberg, N. (1976). On Technological Expectation. *The Economic Journal*, 86(343):523–535.
- Schelling, T. C. (1960). *The Strategy of Conflict*. Harvard University Press, Cambridge.
- Sugden, R. (1986). *The Evolution of Rights, Cooperation and Welfare*. Basil Blackwell, Nova York.
- Tobin, J. (1992). Money as social institution and public good. In Eatwell, J., Milgate, M., & Newman, P., editors, *The New palgrave Dictionary of Finance and Money*. Macmillan.
- Vega-Redondo, F. (1996). *Evolution, Games and Economic Behavior*. Oxford University Press, Oxford.
- Young, H. P. (1993). The Evolution of Convention. *Econometrica*, 61(1):57–84.
- Young, H. P. (1996). The Economics of Convention. *Journal of Economic Perspectives*, 10(2):105–122.
- Young, H. P. (1998). *Individual Strategy and Social Structure*. Princeton University Press, Princeton, 2 edition. 2001.