

EMERGÊNCIA DE CONVENÇÕES NUM AMBIENTE NÃO ERGÓDICO

Antonio Luis Licha

Departamento de Economia
Universidade Federal Fluminense

INTRODUÇÃO

A existência de não convexidades tem provocado dificuldades na análise econômica, seja porque não permite que os agentes possam utilizar uma racionalidade baseada na maximização de uma função objetivo, seja porque os processos de mercado tornam-se não ergódicos. A existência de processos de realimentação pode ser utilizada para estudar a emergência de convenções a partir da escolha de procedimentos comportamentais alternativos por parte dos agentes econômicos. Analisemos as seguintes definições de convenções:

- Segundo Young (1993, p. 57),

uma convenção é um padrão de comportamento habitual, esperado e que se auto-reforça. Todos concordam, todos esperam que os outros concordem, e todos desejam concordar dado que todos também concordam (...) Todos preferem seguir o comportamento esperado desde que os outros sigam o comportamento que eles esperam. Nestas circunstâncias podemos dizer que as pessoas seguem uma convenção.

- Segundo Schotter (*apud* Boyer e Orléan, 1992, p. 166),

[uma convenção é uma] regularidade no comportamento que é reconhecida por todos os membros de uma sociedade e que estipula um comportamento numa específica situação recorrente.

Em outras palavras, uma convenção é um comportamento rotineiro auto-sustentado que é aceito por todos os agentes, não existindo nenhum incentivo para se desviar dele, dado que todos os agentes esperam que os outros o escolham.¹

Existem duas formas em que uma convenção pode ser estabelecida. Uma é através de uma autoridade central e a outra é através de uma acumulação de precedentes.² Ainda que esses mecanismos não sejam mutuamente excluídos, este trabalho trata do segundo mecanismo, examinando o processo pelo qual uma convenção emerge a partir das escolhas realizadas por agentes diferentes. Estes consideram os lucros resultantes da interação com outros agentes, procurando aderir à escolha mais proeminente, ou seja, aquela que é mais utilizada pelo conjunto. Dessa forma é criada uma realimentação positiva no processo de seleção que leva à emergência de convenções.

Ilustremos com um exemplo. A partir da década de 1970 desenvolveu-se no Brasil um regime de inflação alta que levou a que os agentes econômicos utilizassem mecanismos de correção monetária para seus contratos. No começo do processo alguns agentes preferiram indexar seus contratos através da inflação passada, enquanto outros não corrigiam seus contratos. Mas, depois de um certo período, um dos procedimentos tendeu a ser escolhido e o outro excluído. A experiência histórica mostra que na década de 1980 existia uma convenção, já que a maioria dos contratos realizados no Brasil possuía correção monetária.

O objetivo do trabalho é analisar como uma convenção é estabelecida quando existe mais de um padrão comportamental por parte dos agentes, ou seja, como um procedimento é selecionado (escolhido por todos os agentes) e convertido numa convenção. Em especial, deseja-se analisar a forma dinâmica do processo, estudando como emerge uma convenção de um ponto de vista *evolucionista*.³

O trabalho é organizado da seguinte forma. Na primeira seção, estabelecemos como os agentes tomam suas decisões, procurando determinar suas estratégias. Na segunda, utilizamos uma função urna de tipo Polya para caracterizar o processo de seleção (conforme proposto por Arthur, 1994) e estudamos algumas de suas características, considerando as estratégias estabelecidas pelos agentes. Na terceira, analisamos as principais propriedades do processo alocativo, destacando a sua não previsibilidade e não ergodicidade. A quarta seção apresenta um caso especial, no qual não emerge uma convenção. Na última seção, ressaltamos algumas das principais características da análise desenvolvida.

I. DECISÕES DOS AGENTES

I.1 Pay-offs dos agentes

Consideremos que são válidos os seguintes supostos:

1. a) Existem dois procedimentos (A e B) e dois tipos de agentes (R e S);
 b) cada tipo tem uma “preferência natural” (preferências antes do processo de seleção começar): os agentes R têm preferências naturais por A e os S por B;
 c) existe igual número de cada um dos agentes e esse número é grande.

2. Os retornos esperados dependem de dois determinantes:
 - a) existe nas decisões dos agentes um *efeito de coordenação*, pois os agentes determinam seus *pay-offs* a partir do comportamento dos outros agentes. Assim, podemos postular que quanto maior é a participação de um procedimento, maior é o retorno associado a esse procedimento.⁴ Esse efeito de coordenação (preferência dos agentes “ir junto” com a maioria dos agentes) é uma fonte de retornos crescentes. O efeito de coordenação faz com que os retornos esperados dependam das escolhas realizadas no passado;
 - b) os agentes avaliam, por outro lado, os retornos futuros de um procedimento formando expectativas a respeito do futuro do processo de seleção. Se um procedimento é selecionado, e convertido numa convenção, os agentes imputam um lucro adicional a esse procedimento.

3. Os *pay-offs* são (lembrando que $x^A = 1 - x^B$):

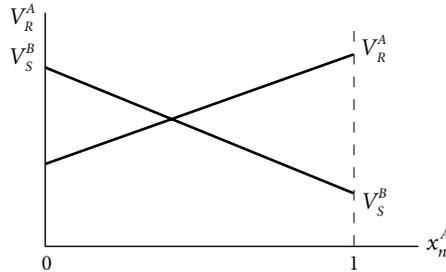
Agente	Procedimento	
	A	B
R	$V_{Rn}^A = a_R + r x_n^A + (1 - g_R^B) \Pi_R^A$	$V_{Rn}^B = (b_R + r) - r x_n^A + g_R^B \Pi_R^B$
S	$V_{Sn}^A = a_S + s x_n^A + (1 - g_S^B) \Pi_S^A$	$V_{Sn}^B = (b_S + s) - s x_n^A + g_S^B \Pi_S^B$

onde:

- x_n^A é a participação da ação A no total de ações ($x^A = n^A/n$, sendo n^A o número de A e n o número total de ações). Todos os agentes conhecem a variável de estado x_n^A antes de tomar a sua decisão;⁵

- $a_R > b_R$ e $b_S > a_S$ indicam as preferências naturais dos agentes;
- $r > 0$ e $s > 0$ indicam retornos crescentes;
- Π_R^A é o lucro esperado adicional de A , segundo R , se ele é selecionado (se A se torna uma convenção);
- g_R^B é a probabilidade subjetiva, segundo R , de B ser selecionado. É claro que $g_R^A = 1 - g_R^B$.

Representemos graficamente os *pay-offs*:



1.2 Função de distribuição subjetiva

Conforme veremos, os agentes não podem prever, no começo do processo, qual será o procedimento selecionado a partir das informações disponíveis (basicamente x_n^A); então, *a escolha realizada pode mostrar-se errada*. Como os agentes sabem que podem errar, incorporam essa possibilidade ao calcular a probabilidade subjetiva.

Heiner (1983, 1986) propõe definir a probabilidade subjetiva a partir de corrigir a frequência relativa dos eventos (passados) pelos erros que podem ser cometidos; sejam estes os erros considerados no teste de hipótese. Essas probabilidades têm um caráter *comportamental*, pois não supõem a existência de uma capacidade especial por parte dos agentes para prever os eventos futuros, e resultam da informação disponível pelos agentes. Assim, segundo Heiner, podemos definir que para cada x_n^A :

$$g_R^B = (1 - t_1) f^B + t_2 (1 - f^B)$$

sendo

- $f^B = n_B/n$ é a *freqüência relativa* de B . Podemos determinar esta freqüência para cada x_n^A a partir do comportamento passado do sistema;

- t_1 é a probabilidade de cometer o erro de tipo 1, de forma que $1 - t_1$ é a probabilidade de escolher B de forma “certa” (se B é selecionado). Esta probabilidade condicionada pode ser definida através da relação $\#(B/B)/n_B$, onde $\#(B/B)$ é o número de vezes que R previu que a próxima escolha seria B e acertou;
- t_2 é a probabilidade de cometer o erro de tipo 2, ou seja, a probabilidade de escolher B de forma “errada” (se B é excluído). Esta probabilidade condicionada é definida $\#(B/A)/n_A$, onde $\#(B/A)$ é o número de vezes que R previu que a próxima escolha seria B e errou.

Com essas definições, a probabilidade subjetiva, segundo R , de B ser selecionado resulta:

$$g_R^B = \#(B)/n$$

onde $\#(B) = \#(B/B) + \#(B/A)$ é o número de vezes que o agente previu que a próxima escolha seria B .⁶ Podemos ver que:

- se $\#(B) = n$, então $g_R^B = 1$, o que leva a que R acredite com certeza que B será escolhido;
- se $t_1 = t_2 = 0$, de forma que $g_R^B = f_R^B$, diremos (conforme Heiner, 1983) que existe *previsão perfeita*. Neste caso, os agentes não esperam cometer erros e não precisam corrigir a frequência relativa (as probabilidades subjetivas são dadas pelas frequências relativas).

I.3 Estratégia dos agentes

O agente R muda sua escolha de A para B se $V_R^B - V_R^A \geq 0$, ou seja, se

$$b_R - a_R + r - \Pi_R^A + g_R^B (\Pi_R^B + \Pi_R^A) \geq 2r x_n^A$$

Quando $V_R^B = V_R^A$, os agentes R escolhem B (da mesma forma que os agentes S), de forma que R sabe que ninguém escolherá A . Logo, nessas circunstâncias, temos que: $1 - t_1 = 1$ e $f^B = 1$. Em consequência, $g_R^B = 1$.⁷ Assim, R muda sua escolha de A para B quando

$$x_n^A \leq x^{A'}, \text{ sendo } x^{A'} = (b_R - a_R + r + \Pi_R^B)/2r.$$

Realizando a mesma análise para os agentes S , eles mudam suas escolhas de B para A se $V_S^A - V_S^B \geq 0$. Podemos obter que eles mudam de B para A se:

$$x_n^A \geq x^{A''}, \text{ sendo } x^{A''} = (b_S - a_S + s - \Pi_S^A)/2s.$$

A preferência natural do agente e a regra para mudar sua escolha determinam a *estratégia* do agente no espaço de estado. As estratégias são as seguintes:

- R escolhe A se $x_n^A > x^{A'}$ e escolhe B se $x_n^A \leq x^{A'}$;
- S escolhe B se $x_n^A < x^{A''}$ e escolhe A se $x_n^A \geq x^{A''}$.

II. PROCESSO DE SELEÇÃO

II.1 Processo urna de tipo Polya

O processo de seleção pode ser modelado através de uma função urna de tipo Polya, conforme proposto por Arthur (1994).⁸ Consideremos que no momento inicial:

- o número de adoções é w ;
- a participação de A é $x_0^A = (n_0^A/n_0) = c$.

A cada momento, um agente escolhe um procedimento (que pode ser A ou B). A realização das escolhas é feita da seguinte forma aleatória:

$$n_{n+1}^A = n_n^A + v(x_n^A)$$

$$v(x_n^A) = \begin{cases} 1 & \text{com } p(x_n^A) \\ 0 & \text{com } 1 - p(x_n^A) \end{cases}$$

sendo $v(x_n^A)$ uma variável aleatória definida e $p(x_n^A)$ a probabilidade de que a próxima escolha seja A. Esta probabilidade depende *diretamente* de x_n^A , de forma que quando aumenta a participação da ação A aumenta a probabilidade de que a próxima escolha seja A. Chamemos a esta função de *função alocativa*.

Dividindo por $n + w + 1$:

$$x_{n+1}^A = \frac{n_n^A}{(n + w + 1)} + \frac{v(x_n^A)}{(n + w + 1)} = x_n^A - \frac{x_n^A}{(n + w + 1)} + \frac{v(x_n^A)}{(n + w + 1)}; x_0^A = c$$

Somando e subtraindo $[1/(n + w + 1)] p(x_n^A)$ e reordenando:

$$x_{n+1}^A = x_n^A + \frac{1}{(n + w + 1)} [p(x_n^A) - x_n^A] + \frac{1}{(n + w + 1)} u(x_n^A)$$

onde $u(x_n^A) = v(x_n^A) - p(x_n^A)$. Esta equação descreve a dinâmica da participação de A. Pode-se notar que se $p(x_n^A) > x_n^A$, então x_{n+1}^A deve aumentar (ao menos de forma esperada) e vice-versa. Assim, o movimento depende da atratividade do procedimento (dada por $p(x_n^A) - x_n^A$) e de um efeito perturbação (dado por $u(x_n^A)$). O movimento esperado de x_n^A é dado por:

$$E(x_{n+1}^A/x_n^A) - x_n^A = \frac{1}{(n + w + 1)} [p(x_n^A) - x_n^A]$$

pois $E[u(x_n^A)/x_n^A] = 0$.

Arthur, Ermoliev e Kaniovski (1984) demonstram que x_n^A converge com probabilidade 1 para um ponto fixo da *função de adoção*, $p(x_n^A) = x_n^A$, quando $n \rightarrow \infty$. Procuremos esses pontos fixos, para um caso simples.

II.2 Função alocativa

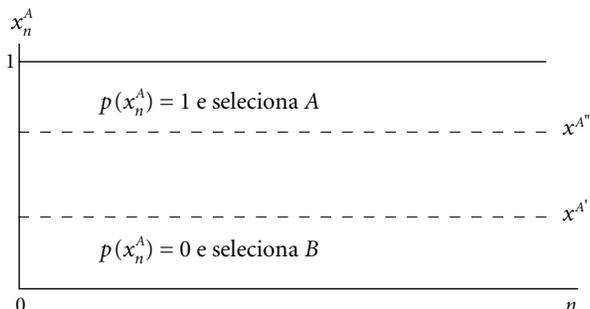
a) Barreiras de absorção

Quando x_n^A é maior que $x^{A'}$, todos os agentes escolhem A, de forma que a probabilidade de A ser a próxima escolha é 1. Quando x_n^A é menor que $x^{A'}$, todos os agentes escolhem B, e a probabilidade de A ser a próxima escolha é 0.

Assim, $x^{A'}$ e $x^{A''}$ constituem barreiras de absorção do processo de seleção; se o processo ultrapassa $x^{A''}$, A será selecionado, e se cai abaixo de $x^{A'}$, B será selecionado. Então:

$$p(x_n^A) = \begin{cases} 0 & \text{se } x_n^A \leq x^{A'} \\ 1 & \text{se } x_n^A \geq x^{A''} \end{cases}$$

Graficamente:



É de ressaltar que para que existam barreiras de absorção é *necessário* que $x^A > 0$ e que $x^{A''} < 1$. Assim, para a existência de barreiras de absorção é necessário que:

$$(a_R - b_R) - \Pi_R^B < r;$$

$$(b_S - a_S) - \Pi_S^A < s.$$

As condições mostram que, para que existam barreiras de absorção, os *retornos crescentes dos procedimentos devem ser suficientemente elevados para superar a soma da heterogeneidade das preferências naturais dos agentes e os lucros adicionais esperados da ação que não é preferível inicialmente*. Se a heterogeneidade inicial e os lucros adicionais predominam sobre os retornos crescentes, não existirão barreiras de absorção no processo de seleção. Vamos supor que essas condições se verificam.

b) Entre barreiras de absorção

Quando x_n^A está no intervalo $(x^{A'}, x^{A''})$, os agente R escolhem A e os agentes S escolhem B. Façamos adicionalmente o seguinte suposto:

- quanto maior é a diferença $V_R^A - V_S^B$, maior é a probabilidade de que o próximo agente seja de tipo R e escolha A.

Em outras palavras, o procedimento mais rentável tem mais chance de ser o próximo escolhido.⁹ Calculemos essa diferença.

Seja $P = V_R^A - V_R^B = \Delta + (r + s) x_n^{A10}$ uma variável aleatória definida no intervalo (P', P'') , onde:

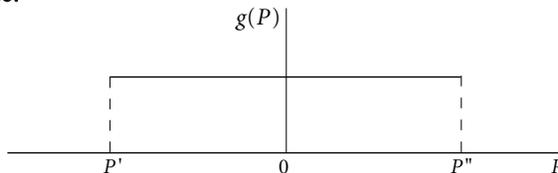
- $\Delta = a_R - b_S - s < 0$;
- $P' = \Delta + (r + s) x^{A'} < 0$;
- $P'' = \Delta + (r + s) x^{A''} > 0$.

Suponhamos que:

- P tem uma *função de distribuição uniforme*

$$g(P) = 1/(P'' - P') = 1/[(r + s) (x^{A''} - x^{A'})].$$

Graficamente:



Como nosso suposto é que $p(x_n^A)$ aumenta à medida que $P(x_n^A)$ aumenta, podemos obter:

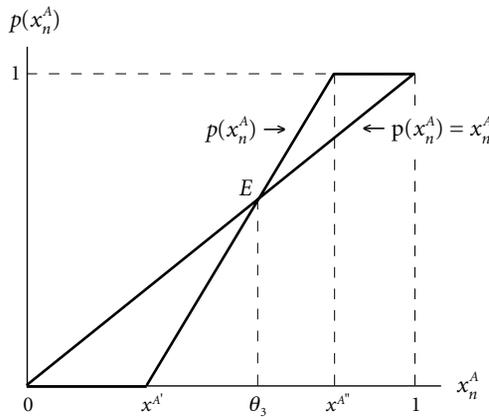
$$p(x_n^A) = \int_{P'}^P g(P(x_n^A)) d x_n^A = \frac{P - P''}{P'' - P'} = \frac{x_n^A - x^{A'}}{x^{A''} - x^{A'}}, \quad x^{A'} < x_n^A < x^{A''}$$

c) *Função alocativa*

A função alocativa resulta:

$$p(x_n^A) = \begin{cases} 1 & \text{se } x_n^A \geq x^{A''} \\ 0 & \text{se } x_n^A \leq x^{A'} \\ (x_n^A - x^{A'}) / (x^{A''} - x^{A'}) & \text{se } x^{A'} < x_n^A < x^{A''} \end{cases}$$

Graficamente:



II.3 Atratores do processo de seleção

O processo Polya proposto converge com probabilidade 1 para os pontos fixos da função de adoção ($p(x_n^A) = x_n^A$).

a) *Pontos fixos*

Existem três raízes para a função $p(x_n^A) = x_n^A$. Elas são:

- $\theta_1 = 0$;
- $\theta_2 = 1$;
- $\theta_3 = x^{A'} / (1 - x^{A''} + x^{A'})$.

b) *Estabilidade*

Dosi e Kaniovski (1994) estabelecem que:

- x_n^A converge assintoticamente (quando $n \rightarrow \infty$) para θ com probabilidade positiva se $[p(x_n^A) - x_n^A] (x_n^A - \theta) \leq 0$ na vizinhança de θ . Neste caso θ é um *ponto atingível ou um atrator*;
- se $[p(x_n^A) - x_n^A] (x_n^A - \theta) \geq 0$ na vizinhança de θ , então θ é um *ponto inatingível ou um repulsor*.

Podemos ver que:

- $\theta_1 = 0$ e $\theta_2 = 1$ são atratores;
- θ_3 é um repulsor. Com efeito, na vizinhança de θ_3 :

$$[p(x_n^A) - x_n^A] (x_n^A - \theta_3) \geq 0.$$

O processo proposto apresenta *dois atratores*: quando todos os agentes escolhem *A* ou quando todos os agentes escolhem *B*. Assim, o processo tende a criar uma convenção.

c) *Taxa de convergência*

Conforme Dosi e Kaniovski (1994), a taxa de convergência para θ_1 e θ_2 depende da suavidade (*smoothness*) de $p(x_n^A)$ nesses pontos. A taxa para os dois pontos é $t^{-(1/2)}$, mas as flutuações aleatórias, determinadas pelas variâncias das correspondentes flutuações aleatórias, diferem no redor das duas raízes.¹¹

III. PROPRIEDADES DO PROCESSO DE SELEÇÃO

a) *Tendência à concentração*¹²

No começo do processo, a estrutura (x_n^A) flutua, aparecendo agentes que escolhem *A* e *B*. Mas, com probabilidade 1, x_n^A ultrapassa uma barreira de absorção selecionando um procedimento e excluindo o outro. Isso acontece devido à mudança de decisão de um tipo de agente.

Dado que a ordem de escolha dos procedimentos é aleatória e que existe um mecanismo de realimentação, que reforça o processo numa dada direção, a estrutura acaba concentrando-se num dado procedimento. Depois de um certo período, todos os agentes estarão utilizando o mesmo procedimento, constituindo uma convenção.¹³

b) *Rigidez estrutural*

Conforme Arthur (1994), uma vez que o processo de seleção ultrapassa uma barreira de absorção, o subsídio que deve ser dado aos agentes para mudar suas decisões futuras aumenta. O valor crescente desse subsídio indica o grau pelo qual o sistema torna-se estruturalmente rígido ou *lock-in*.

Em outras palavras, o custo de reverter o processo é cada vez maior depois de ultrapassar uma barreira de absorção. Podemos dizer que o processo é cada vez mais *irreversível*. De qualquer forma, selecionada uma convenção (A, por exemplo), ela pode ser mudada se aparecer uma série de agentes escolhendo B, tal que x_n^A diminua abaixo de x^A ; nesse caso, a estrutura estará se deslocando para uma nova convenção.¹⁴

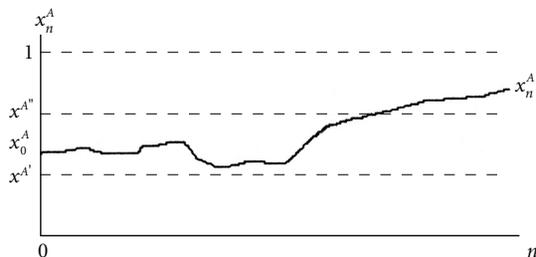
c) *Não ergodicidade*

Eventos acontecidos no começo do processo afetam a estrutura de longo prazo, já que as escolhas realizadas no início podem levar a selecionar A ou B. Como a ordem da seqüência de escolhas é importante, pois ela decide qual será a convenção futura, podemos dizer que “a história importa”. Os eventos do início do processo possuem efeitos permanentes, ficando na memória; o processo é *path-dependent* ou, mais precisamente, *não ergódico*.

Formalmente, dados dois conjuntos de eventos possíveis com suas correspondentes trajetórias temporais, $\{\tilde{x}_n^A\}$ e $\{\hat{x}_n^A\}$, *não* necessariamente $|\tilde{x}_n^A - \hat{x}_n^A| \rightarrow 0$, com probabilidade 1, quando $n \rightarrow \infty$.¹⁵

Duas comunidades que não se inter-relacionam entre si mas com condições iniciais similares podem ter, depois de um certo tempo, convenções diferentes, pois existe uma probabilidade positiva de que isso aconteça.¹⁶

A trajetória de x_n^A é não estacionária e assume a forma de uma curva S de difusão, dado que x_n^A tende para 0 ou 1 só de forma assintótica. Logo, a série de x_n^A é mais suave que um passeio aleatório.¹⁷ Graficamente:



d) *Não previsibilidade*

Durante o período em que o processo flutua, os agentes podem prever que um procedimento será selecionado mas não *qual* será selecionado. As flutuações iniciais não oferecem informações suficientes para predeterminar a estrutura de longo prazo. Os agentes não podem construir *ex-ante* uma seqüência de previsões $\{\tilde{x}_n^A\}$, tal que $|\tilde{x}_n^A - x_n^A| \rightarrow 0$ com probabilidade 1 quando $n \rightarrow \infty$. O futuro é desconhecido e os agentes não têm uma forma de completar a informação a respeito do que acontecerá pois ela não existe; os agentes podem prever que existirá uma convenção, mas não se será *A* ou *B*. Como os choques têm efeitos permanentes e os choques futuros são imprevisíveis, a estrutura futura é imprevisível.¹⁸

Da análise realizada, podemos ressaltar:

- a noção de incerteza utilizada neste trabalho supõe que os agentes não podem prever, a partir das informações disponíveis, qual será a estrutura futura do processo. Enquanto o sistema flutua eles não sabem qual será o procedimento selecionado devido a que não é possível prever em que direção será a bifurcação;¹⁹
- desta forma, ou as escolhas de *R* ou as de *S* manifestar-se-ão erradas. Podemos propor que durante as flutuações iniciais, quando o processo se encontra no intervalo (x^A, x^B) , t_1 e t_2 são necessariamente positivos, pois não existem sinais de qual será a estrutura de longo prazo — assim, as *previsões são imperfeitas*;
- a definição de probabilidade proposta é compatível com a noção keynesiana de probabilidades; t_1 e t_2 representam o “peso do argumento”, mostrando em que medida os agentes podem confiar que as frequências relativas estimam corretamente a função alocativa;²⁰
- nos processos com bifurcações imprevisíveis o passado é o único guia que os agentes possuem para realizar seus cálculos (Heiner, 1986);
- a definição de probabilidade proposta é consistente com a existência de ambientes não ergódicos, caracterizados através de *path-dependence* e irreversibilidades. Segundo Vercelli (1995), a aproximação convencional de probabilidades subjetivas, de natureza bayesiana, não é aplicável a esses processos, já que ela é definida para eventos trocáveis (*exchangeable*), ou seja, eventos cuja ordem de ocorrência não afeta a sua probabilidade. Essas teorias aplicam-se só a problemas de “univer-

so fechado”, problemas nos quais toda a surpresa potencial pode ser descontada antecipadamente, de forma que as conseqüências dos erros podem ser avaliadas confiavelmente *ex-ante* e são desprezíveis.

e) Eficiência

Os atratores θ_1 e θ_2 são *Pareto incomparáveis*, já que os agentes R preferem estritamente θ_2 e os S preferem estritamente θ_1 . Formalmente:

$$\begin{aligned} V^R(\theta_2) &> V^R(\theta_1) \text{ pois } (a_R - b_R) + (\Pi_R^A - \Pi_R^B) > 0; \\ V^S(\theta_1) &> V^S(\theta_2) \text{ pois } (b_S - a_S) + (\Pi_S^B - \Pi_S^A) > 0. \end{aligned}$$

Assim, se o processo seleciona A , os agentes S deixam de ganhar $b_S - a_S + s > 0$ em relação a se B é selecionado; e vice-versa.

Por outro lado, Arthur (1994) define um conceito de eficiência *no-regret* que procura determinar se o processo alocativo permite que a convenção “potencialmente melhor” do ponto de vista social possa emergir. Para isso, definamos uma função de bem-estar social (utilitária) para um atrator:

$$W(\theta) = V^R(\theta) + V^S(\theta).$$

O processo alocativo é eficiente se, para o caso em que seleciona A , $W(\theta_2) > W(\theta_1)$, ou seja, se:

$$(a_R - b_R) + (\Pi_R^A - \Pi_R^B) > (b_S - a_S) + (\Pi_S^B - \Pi_S^A).$$

Nada garante que essa condição seja satisfeita pelo processo de seleção, pois como depende de parâmetros, não existe nenhum mecanismo que permita sempre seu cumprimento. A ineficiência (vista como uma incompatibilidade entre a racionalidade privada e a social) resulta do fato de que os primeiros adotantes impõem externalidades aos que chegam depois, não existindo nenhum mecanismo que induza os agentes a adotar procedimentos que são mais rentáveis do ponto de vista social (a longo prazo) — os agentes procuram o retorno individual e não o social. Então, o processo de seleção *não gera necessariamente* uma convenção eficiente.

f) Seleção da convenção

Na análise proposta, a convenção resultante depende dos eventos históricos acontecidos no começo do processo de seleção. Mas (conforme Krugman,

1991) existe outro determinante que pode selecionar a convenção: expectativas, tratadas como profecias auto-realizáveis. Analisemos o caso no qual as expectativas selecionam a estrutura de longo prazo do processo.

Conforme pode-se ver das decisões dos agentes (seção I.3), aumentos nos valores esperados de Π_R^B e de Π_S^A estreitam as barreiras de absorção, levando a que a concentração da estrutura aconteça mais rapidamente.²¹ Consideremos os supostos seguintes:

- os lucros esperados adicionais Π_R^B e Π_S^A são elevados o suficiente para provocar um colapso nas barreiras de absorção, ou seja, levam a que $x^{A''} - x^{A'} = 0$;
- as expectativas de R levam a mudar sua escolha inicial. Seja $\Pi_R^B > \Pi_R^A$, de forma que para o estado inicial (x_0^A) , $V_R^B \geq V_R^A$.

Neste caso, os agentes possuem preferências consistentes (R e S escolhem o procedimento B) e a estrutura do processo é absorvida imediatamente pelo procedimento B . Assim, o processo não apresenta flutuações e a convenção é gerada a partir das expectativas dos agentes. Os agentes R e S acreditam, no começo do processo, que B é mais rentável escolhendo só este procedimento; logo, B é selecionado e o processo assume a forma de uma profecia auto-realizável (acontece aquilo que era esperado).

Considerando que existem dois mecanismos para realizar a seleção da convenção (história e expectativas), o modelo proposto permite estabelecer as condições em que um ou outro mecanismo predomina. Se os lucros esperados de ficar *locked-in* num procedimento são suficientemente grandes e as previsões tornam as escolhas consistentes, então a convenção não é selecionada pelos eventos históricos (acontecidos no começo do processo), mas pelas expectativas (auto-realizáveis) dos agentes — “as expectativas importam”.²²

IV. PROCESSO SEM ESTADOS ABSORVENTES

Consideremos que as condições necessárias (apresentadas na seção II.2) para a existência de barreiras de absorção não se verificam, de forma que:

$$\begin{aligned} a_R - b_R - \Pi_R^B &> r; \\ b_S - a_S - \Pi_S^A &> s. \end{aligned}$$

Neste caso, os retornos crescentes não são suficientes para induzir uma mudança de escolha dos agentes. Assim, as preferências naturais irão predominar durante todo o processo de seleção, que flutua permanentemente, sem existir um estado absorvente.

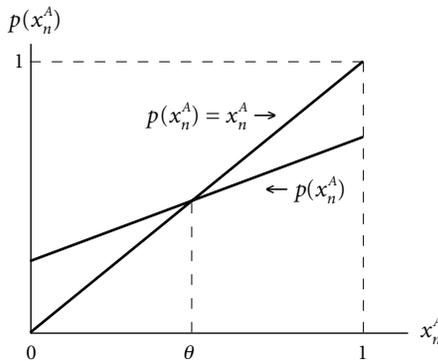
Como $x^{A'} < 0$ e $x^{A''} > 1$, a função alocativa resulta:

$$p(x_n^A) = \frac{x^{A'} - x_n^A}{x^{A''} - x^{A'}}, \text{ para } 0 \leq x_n^A \leq 1.$$

O ponto fixo de $p(x_n^A) = x_n^A$ é dado por:

$$\theta = \frac{x^{A'}}{x^{A''} + x^{A'} - 1}.$$

Como θ é um atrator do processo, o processo flutua em volta desse ponto. Graficamente:



Neste caso, o processo apresenta as propriedades seguintes:

- a) não existe tendência à concentração. O processo não fica *locked-in* num dado estado e não emerge uma convenção a longo prazo;
- b) o processo é ergódico. A “história não importa”, pois os eventos iniciais não influem na estrutura de longo prazo do processo;
- c) o processo é previsível, pois os agentes podem construir *ex-ante* uma seqüência de previsões que convergem com probabilidade 1, quando $n \rightarrow \infty$, para x_n^A ;
- d) segundo a Lei dos Grandes Números (na formulação de Bernouilli), as freqüências relativas $(1 - f^B)$ convergem com probabilidade 1 (quando $n \rightarrow \infty$) para a função alocativa (p). Por outro lado, os erros

- (t_1 e t_2) também convergem assintoticamente para 0.²³ Desta forma, a função de distribuição subjetiva (g^A) converge em probabilidade para a função alocativa (p). Pode-se ver que existe uma tendência assintótica para a previsão perfeita, que pode ser vista como um processo de aprendizado por parte dos agentes;
- e) o processo é necessariamente eficiente, pois o atrator θ garante um máximo na função de bem-estar social ($W(\theta)$).

V. CONCLUSÕES

O trabalho apresenta um modelo evolucionário caracterizado por sistemas sensíveis a pequenas perturbações iniciais e com múltiplos padrões comportamentais a longo prazo. A acumulação de perturbações iniciais ao redor de estados instáveis leva o sistema para um dos estados de longo prazo, selecionando a estrutura para a qual o sistema tende.

No modelo de seleção proposto, as decisões dos agentes (que dependem das decisões dos outros) têm um caráter *crucial*, pois mudam o ambiente (*pay-offs* dos agentes) no qual são realizadas. Elas levam à existência de várias trajetórias possíveis (bifurcações), mas com uma tendência à concentração da estrutura (num estado absorvente). A seleção da convenção depende dos eventos históricos acontecidos no começo de processo e das expectativas dos agentes.

O processo possui uma forte inércia devido a que os agentes lembram *toda* a história passada, embutida na participação de um procedimento na estrutura. Isto provoca a não ergodicidade, pois os eventos iniciais levam a um *lock-in* no longo prazo.²⁴

Comunidades distintas com condições iniciais similares podem ter convenções diferentes no final do processo. Os processos de seleção não são necessariamente eficientes. Eles podem escolher convenções que não são as melhores do ponto de vista social (a longo prazo), devido a que nada garante uma consistência entre a racionalidade privada e a social.

Durante as flutuações iniciais, o processo não oferece informações de qual será o procedimento selecionado, de forma que existe incerteza no sentido keynesiano de não previsibilidade (calculável) do futuro. Dado que os agentes podem errar, eles corrigem as frequências relativas pelos erros (de

tipo 1 e 2) que possam cometer. Esta forma de definir as probabilidades subjetivas (compatível com a noção keynesiana de probabilidades) constitui uma proposta que pode ser integrada ao programa de pesquisa da teoria evolucionista.²⁵

RESUMO

Este trabalho procura apresentar um marco geral para a análise da emergência de convenções, entendidas como padrões comportamentais selecionados a longo prazo por agentes que possuem (inicialmente) preferências heterogêneas. Considerando que existem efeitos de coordenação que provocam retornos crescentes, estuda-se um caso particular do processo de seleção proposto por B. Arthur. O modelo permite analisar como um procedimento é selecionado e algumas das propriedades da trajetória resultante. Destaca-se que, no ambiente não ergódico gerado, os agentes apresentam uma racionalidade de procedimentos (previsão imperfeita).

ABSTRACT

In this paper we discuss a general framework to the study of emergence of conventions, analyzing them like compartments select in the long run for agents with heterogeneous preferences in the start. We suppose that there are coordination effects with increasing returns and develop a particular case of the process of selection propose by B. Arthur. The model studies like a procedure is selected and some properties of the trajectory. We emphasize that, in a non ergodic environment, the agents have a procedural rationality (imperfect prevision).

NOTAS

1. Neste sentido, ver Schotter (1984), Boyer e Orléan (1992) e Young (1993 e 1996).
2. Neste sentido, ver Young (1996, p. 106).
3. Segundo Dosi e Kaniovski (1994), os modelos evolucionistas consideram uma dinâmica de “ordem através de flutuações” como um paradigma para a interpretação de sistemas complexos não-lineares que enfatizam as propriedades de mecanismos auto-reforçadores e de auto-organização fora de equilíbrio. As principais características destes modelos são: aprendizado microeconômico imperfeito e “*time-consuming*”; micro-heterogeneidade comportamental entre os agentes; várias formas de retornos crescentes e não-linearidades; dinâmica agregada dirigida por mecanismos de aprendizado indi-

- vidual e de seleção coletiva; geração de ordem estrutural a partir de flutuações do sistema em condições de desequilíbrio.
4. Esta forma de avaliação é compatível com o exemplo do concurso de beleza proposto por Keynes (1936, cap. 12).
 5. Não existe informação assimétrica, pois todos os agentes possuem a mesma informação.
 6. É de ressaltar que $\#(A) + \#(B) = n$, e que g_R^B satisfaz as propriedades seguintes: $0 \leq g_R^B \leq 1$; $g_R^B + g_R^A = 1$; $g_R(A \cup B) = g_R^A + g_R^B$, pois A e B são mutuamente excludentes.
 7. Pode-se ver que g_R^B depende da variável de estado x_n^A . Para uma análise de como essas probabilidades podem ser determinadas a partir de um modelo de detecção de sinal, ver Heiner (1986).
 8. Este processo pode ser visto como uma cadeia de Markov com probabilidades dependendo do estado da estrutura e de um mecanismo de nascimento puro. Ver Feller (1968, v. I, cap. XVII) e Gray (1967, cap. VIII).
 9. Esta hipótese é apresentada por Dosi e Kaniovski (1994).
 10. Retiramos o índice n para simplificar a notação.
 11. A este respeito, ver Arthur, Ermoliev e Kaniovski (1984).
 12. Young (1996) denomina esta propriedade de efeito de coordenação local.
 13. Pode-se ressaltar que quando o processo ultrapassa uma barreira, existe *coordenação perfeita*.
 14. Young (1996) chama este efeito de *punctuated equilibrium*. Keynes (1937, p. 114-115) apresenta uma visão similar deste efeito: “A prática de calma e imobilidade, de certeza e segurança rompe-se de repente. Sem aviso prévio, a conduta humana passa a ser dominada por novos temores e esperanças. As forças do desengano podem repentinamente impor uma nova base convencional de avaliação.”
 15. Esta formalização é proposta por Arthur (1994).
 16. Young (1996) chama esta propriedade de efeito de diversidade global.
 17. Neste sentido, ver Lippi e Reichlin (1989).
 18. Conforme Keynes (1937), “sobre estes problemas não existe qualquer base científica para o cálculo probabilístico. Simplesmente, nada sabemos a respeito”.
 19. As propriedades de não ergodicidade e não previsibilidade resultam do fato da função de adoção, $p(x_n^A) - x_n^A = 0$, possuir múltiplos pontos fixos estáveis.
 20. Heiner (1983) define $\rho = (1 - t_1)/t_2$ como um índice de confiabilidade das previsões realizadas. No caso de previsão perfeita, $\rho = \infty$; mas se os erros são positivos, então ρ possui um valor finito.
 21. As expectativas agudizam a instabilidade fundamental do processo. Neste sentido, ver Arthur (1994).
 22. Esta proposição permite responder à pergunta de Krugman (1991, p. 655): “No mundo real, esperaríamos que existam circunstâncias nas quais as condições iniciais determi-

- nam o resultado, e outras nas quais as expectativas podem ser decisivas. Mas quais são estas circunstâncias?”
23. No modelo de detecção de sinal proposto por Heiner (1986), a relação sinal-ruído aumenta à medida que avança o processo de seleção. Assim, à medida que o processo se desenvolve, melhoram as condições de detecção.
 24. A inércia seria menor se supuséssemos uma memória finita por parte dos agentes (por exemplo, eles só se lembram dos últimos eventos). Isto evita a existência de estados absorventes no longo prazo. Neste sentido, ver Young (1993 e 1996).
 25. Esta proposta é realizada por Heiner (1988) e Vercelli (1995).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARTHUR, B. (1994) *Increasing Returns and Path Dependence in the Economy*. Michigan : The University of Michigan Press.
- ARTHUR, B., ERMOLIEV, Y., KANIOVSKI, Y. (1984) Strong Laws for a Class of Path-Dependent Stochastic Processes. In: B. Arthur (1994).
- BOYER, R., ORLÉAN, A. (1992) How do Conventions Evolve?. *Journal of Evolutionary Economics*, v. 2, p. 165-177.
- DOSI, G., KANIOVSKI, Y. (1994) On “Badly Behaved” Dynamics: some applications of generalizes urn schemes to technological economic change. *Journal of Evolutionary Economics*, v. 4, p. 99-123.
- FELLER, W. (1968) *An Introduction to Probability Theory and Its Applications*. 3. ed. Nova York : Wiley International Edition.
- GRAY, J. R. (1967) *Probability*. Londres : Oliver and Boyd.
- HEINER, R. (1983) The Origin of Predictable Behavior. *American Economic Review*, v. 75, 3, jun., p. 579-585.
- . (1986) Uncertainty, Signal-Detection Experiments, and Modeling Behavior. In: R. Langlois (ed.) *Economics as a Process: essays in the new institutional economics*. Nova York : Cambridge University Press.
- . (1988) Imperfect Decisions and and Routinizes Production: implications for evolutionary modeling and inertial technical change. In: G. Dosi et al. (eds.) *Technical Change and Economic Theory*, v. 1. Nova York : London and Columbia University Press.
- KEYNES, J. M. (1936) *The General Theory of Employment, Interest and Money*. Londres : Macmillan, 1973.
- . (1937) The General Theory of Employment. In: D. Moggridge (ed.) *The Collected Writings of John Maynard Keynes*, v. XIV. Londres : Macmillan, 1973.
- KRUGMAN, P. (1991) History Versus Expectations. *Quarterly Journal of Economics*, p. 651-667.
- LIPPI, M., REICHLIN, L. (1989) Permanent and Transitory Components in Macroeconomics. *International Economic Association Conference on Business Cycle*, Copenhagen, jun., mimeo.

- SCHOTTER, A. (1984) *The Economic Theory of Social Institutions*. Cambridge : Cambridge University Press.
- VERCELLI, A. (1995) From Soft Uncertainty to Hard Environmental Uncertainty. *Economie Appliquée*, tome XLVIII, n. 2, p. 251-269.
- YOUNG, H. P. (1993) The Evolution of Conventions. *Econometrica*, v. 61, n. 1, jan., p. 57-84.
- . (1996) The Economics of Conventions. *Journal of Economic Perspectives*, v. 10, n. 2, Spring, p. 105-122.