

Notas preliminares sobre instabilidade do investimento na economia brasileira no passado recente: uma aplicação do instrumental da teoria do caos*

IV Encontro de Economia Política / junho de 1999- Porto Alegre
Área II - Economia Brasileira Contemporânea

Newton Paulo Bueno
Universidade Federal de Viçosa
Departamento de Economia
e.mail npbueno@mail.ufv.br

1 - Introdução

O objetivo deste texto é indicar a possibilidade de realizar estudos de economia institucional utilizando as técnicas matemáticas da teoria do caos, que estão permitindo grandes avanços na compreensão dos sistemas dinâmicos não lineares nos mais variados campos da ciência¹. Tais sistemas, independentemente de sua natureza específica, isto é independentemente de serem sistemas físicos, biológicos ou mesmo sociais, caracterizam-se por apresentar uma dinâmica muito mais rica do que os sistemas lineares, nos quais há sempre uma relação de proporcionalidade entre as variáveis causais e as dependentes. Nos sistemas não-lineares, diferentemente, pequenas alterações nas variáveis causais podem provocar, dependendo da fase dinâmica em que o sistema se encontre, variações substanciais e imprevisíveis em seu estado final. Neste caso diz-se que o sistema torna-se hipersensível em relação às condições iniciais, ou em termos mais conhecidos passa a apresentar uma dinâmica caótica determinista, o que evoca mesmo para o leitor não especializado a imagem do efeito borboleta, que sugere a possibilidade (teórica) de substanciais mudanças climáticas serem produzidas pelo bater de asas de uma borboleta após decorrido um tempo suficiente.

* O autor agradece ao CNPq pelo apôio financeiro à pesquisa da qual este trabalho deriva.

¹ Não é possível aqui apresentar um resumo auto-contido da teoria por motivos óbvios. A referência consagrada para uma primeira leitura sobre o assunto é Gleick (1987), mas acaba de ser publicado um livro excelente para o leitor não especializado que é ainda mais acessível apesar de sua riqueza de conteúdo: Capra (1997). Um livro indispensável, embora um tanto difícil, para compreender as questões colocadas pelo novo paradigma da complexidade/caos é Prigogine e Stengers (1984); Para cientistas sociais em geral, ver Gregersen e Sailer (1993). Para economistas a referência tradicional continua sendo Baumol e Benhabib (1989), mas é importante ver também Mäkelä (1963); Radzicki (1990) finalmente sublinha o potencial aberto pela teoria do caos para a análise da dinâmica institucional

O que nos interessa aqui é se algo parecido pode ocorrer de tempos em tempos na economia brasileira, em resposta a mudanças institucionais capazes de tornar o comportamento econômico instável. O termo instável aqui refere-se a trajetórias que apresentam a propriedade de desviarem-se cumulativamente de uma posição inicial de repouso, quando o sistema é perturbado. Especificamente iremos tentar verificar se a taxa de inversão bruta no Brasil apresenta eventualmente um comportamento instável que pode ser aproximado por um modelo de caos determinista.

A hipótese subjacente ao trabalho é que a função investimento brasileira torna-se mais instável quando a conjuntura política se torna menos previsível, devido ao fato de o governo perder credibilidade política após um período inicial em que tenta implementar políticas de vulto, que depois revelam-se mal sucedidas. Nessas circunstâncias espera-se observar que, quando ocorre a sucessão política, o novo governo passa desfrutar de um período inicial de maior credibilidade, o que faz o investimento retornar a uma região mais estável de sua dinâmica .

Procuraremos finalmente verificar a possibilidade de o investimento tornar-se instável mesmo em condições de estabilidade política, quando um determinado governo implementa mudanças institucionais de vulto sobre a economia. Especificamente, procuraremos mensurar o impacto sobre a taxa de inversão bruta do aprofundamento do grau de abertura da economia brasileira realizado na gestão de Fernando Henrique Cardoso, a partir de janeiro de 1995.

Podemos adiantar que tanto em um como em outro caso as hipóteses não foram falseadas pela evidência empírica usada no trabalho. Mas importa enfatizar que trata-se de resultados preliminares que devem portanto ser avaliados com as devidas reservas. O objetivo principal, de qualquer modo, não foi tanto chegar a conclusões definitivas sobre a evolução da economia brasileira (embora os resultados alcançados possam ser considerados significativos), mas apresentar uma nova técnica altamente promissora para estudos heterodoxos com conteúdo empírico.

O restante do trabalho está estruturado do seguinte modo: na seção 2 caracterizam-se matematicamente os assim chamados atratores (ou menos rigorosamente, estados) caóticos. Na seção 3, detalha-se a técnica da regressão logística, utilizada neste trabalho para identificar padrões caóticos e passível de ser aplicada em vários outros tipos de sistemas sociais. Na seção 4, aplica-se a técnica da regressão logística à função investimento brasileira em diversos momentos de nosso passado recente, visando a identificar a possível emergência de padrões caóticos nos períodos de menor credibilidade política, e durante todo o primeiro período de Fernando Henrique Cardoso, para avaliar os efeitos da abertura comercial sobre a taxa de investimento. A seção 5 conclui o trabalho apresentando algumas proposições tentativas de política econômica.

2 - Caracterização matemática dos atratores caóticos

Séries temporais que apresentam dinâmica caótica convergem para os assim chamados atratores estranhos (ou caóticos). Quando isso ocorre, as séries passam a apresentar uma hipersensibilidade em relação às condições iniciais, que resulta de não-linearidades presentes no sistema que lhes dão origem, as quais amplificam exponencialmente pequenas diferenças nas condições iniciais. Nessas circunstâncias, o comportamento do sistema, mesmo no curto prazo, torna-se imprevisível, no sentido de que o exame das séries temporais correspondentes por um tempo arbitrariamente longo não permite prever sua evolução posterior. Uma segunda característica é a de que, embora imprevisível, um sistema na região caótica não apresenta comportamento explosivo, mas estacionaridade, no sentido de que sua dinâmica se dá segundo padrões que tendem à repetição de forma aperiódica. Uma das formas de se avaliar se uma série apresenta ou não essas características, isto é se apresenta dinâmica caótica, é através dos expoentes de Lyapunov. Sistemas dominados por um atrator estranho apresentarão sempre um ou mais desses expoentes positivos. Pode-se considerar os expoentes de Lyapunov como a taxa de divergência de trajetórias, como segue².

Seja o mapa unidimensional³

$$X_{n+1} = F(X_n) \quad (1)$$

Assumam-se dois pontos iniciais x_0 e y_0 e a distância entre eles

$$\delta = y_0 - x_0 \quad (2)$$

Suponha-se que depois de uma iteração a distância seja:

$$\delta' = y_1 - x_1 \quad (3)$$

² Uma explicação mais detalhada pode ser encontrada em Fiedler-Ferrara e Cintra do Prado (1994).

³ O argumento pode ser facilmente generalizado para mapas de várias dimensões, mas para os objetivos deste trabalho o caso mais simples parece ser suficiente.

De modo que se L mede a taxa exponencial de expansão entre as distâncias como resultado de uma iteração:

$$\delta' = e^L \delta \quad (4)$$

A equação (3) pode ser escrita como:

$$\begin{aligned} \delta' &= F(y_0) - F(x_0) \\ &= F(x_0 + \delta) - F(x_0) \end{aligned} \quad (5)$$

Usando (4) e (5) tem-se:

$$|F(x_0 + \delta) - F(x_0)| = |\delta| e^L$$

Iterando-se o mapa N vezes, além disso, tem-se:

$$|F^N(x_0 + \delta) - F^N(x_0)| = |\delta| e^{NL}$$

que pode ser escrita como

$$L = \frac{1}{N} \ln \left| \frac{F^N(x_0 + \delta) - F^N(x_0)}{\delta} \right|$$

Como L depende de N e δ , considerando uma distância inicial infinitesimal depois de um número infinito de iterações tem-se:

$$\begin{aligned} \lambda(x_0) \equiv L(x_0) &= \lim_{N \rightarrow \infty} \lim_{\delta \rightarrow 0} \frac{1}{N} \ln \left| \frac{F^N(x_0 + \delta) - F^N(x_0)}{\delta} \right| \\ &= \lim_{\delta \rightarrow 0} \frac{1}{\delta} \ln \left| \frac{dF^N(x_0)}{dx_0} \right| \end{aligned} \quad (6)$$

A expressão (6) é o expoente de Lyapunov. É imediato que valores desse expoente superiores a zero, aumentam a divergência exponencial entre duas séries que partem de

condições iniciais arbitrariamente próximas. Isto é expoentes de Lyapunov maiores que zero indicam que o sistema apresenta hipersensibilidade em relação às condições iniciais, mas para que sua dinâmica possa ser considerada caótica é necessário, como mencionado antes, que ele apresente estacionaridade. Para isso ele deveria poder evoluir em outra direção que a dada pelo expoente positivo acima.

Evidentemente não é possível visualizar esse outro expoente num mapa unidimensional. Deve-se lembrar entretanto que um mapa tem sempre por origem um sistema contínuo, do qual por exemplo ele é uma seção de Poincaré. Esse sistema, para que o caos possa ocorrer, deve então ser no mínimo tridimensional para que possa existir também um expoente negativo de Lyapunov, além do expoente nulo que significa movimento ao longo da trajetória. Para que o sistema, além disso, apresente instabilidade mas não comportamento explosivo, é necessário que ele não se expanda ao longo do espaço de fase que representa o atrator caótico; assim a soma dos expoentes de Lyapunov deve ser menor que zero.

As condições matemáticas para que um atrator possa ser considerado como caótico ou estranho, portanto, são:

- i) apresentar ao menos um expoente de Lyapunov maior que zero e
- ii) apresentar expoentes de Lyapunov cuja soma seja menor que zero

Como, na prática, é difícil calcular os expoentes de Lyapunov quando não se conhece as equações de movimento exatas do sistema, ter-se-á de recorrer a uma metodologia aproximativa para a identificação de possíveis padrões caóticos nos principais agregados macroeconômicos brasileiros. A subseção seguinte resume esta metodologia.

3 - Padrões caóticos e a metodologia da regressão logística

Baumol e Benhabib (1989) mostram como identificar visualmente séries caóticas, como é o caso da figura 1, a seguir.

A curva de fase retratada é definida como o gráfico da função $x_{t+1} = f(x_t)$. Para construir a curva aplica-se a função f inicialmente a x_0 obtendo-se x_1 em seguida, usando o raio de 45 graus, transfere-se este valor para as abscissas e assim por diante. Se a curva de fase apresentar a inclinação apropriada, isto é inferior a -1, tal como retratado na figura 1 abaixo, ela representará uma trajetória caótica.

Observe-se que, inicialmente a série diverge do equilíbrio (ponto E) em direção ao ponto 6, voltando a convergir, ponto 7. Mas logo em seguida volta a se afastar do equilíbrio. Note-se que o ponto 11, não plotado na curva de fase, encontra-se mais afastado do equilíbrio do que o 7. A série portanto apresenta uma instabilidade em relação ao equilíbrio que, no entanto, não é do tipo explosivo. Este padrão, como explicado na subseção anterior, de flutuar em torno do equilíbrio, movido por uma dinâmica inteiramente determinística, sem jamais atingi-lo e apresentando um comportamento imprevisível, é o que define a série como caótica. Na figura 2, representa-se a iteração da equação logística para 19 observações situadas dentro da região caótica; observe-se que as iterações tendem a “visitar” todos os pontos representados pela “colina”, que no caso é um atrator do sistema.

Figura 1
Curva de Fase de uma Série Perfeitamente Caótica

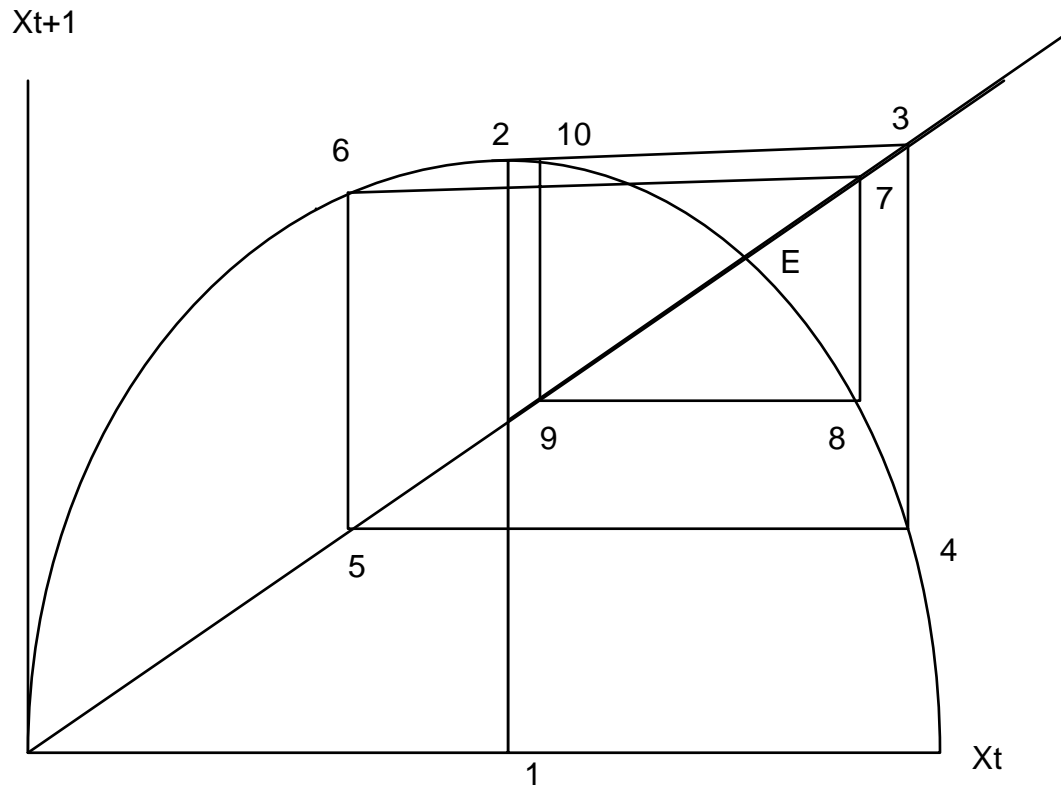
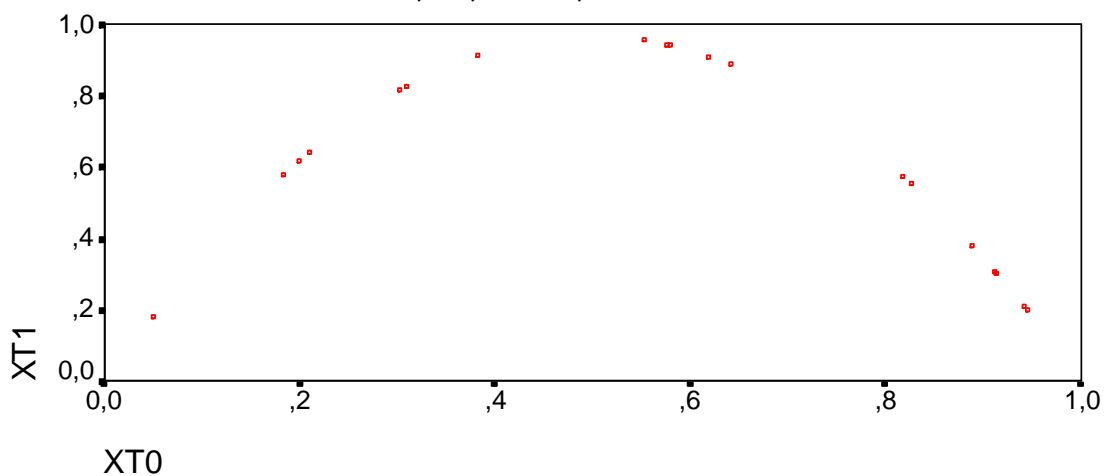


Figura 2
 Iteração da equação logística
 $k=3,90$; $x_0=0,05$



Mas o simples fato de a curva de fase apresentar a forma de colina não é suficiente para definir uma série como caótica. Como já mencionado é necessário que a colina tenha a inclinação (inferior a -1) apropriada. A figura 3 retrata uma série em que a inclinação da curva de fase é negativa para valores próximos do equilíbrio (ponto E), mas inferior à unidade, o que produz um comportamento oscilatório convergente da série em direção ao equilíbrio. Na

simulação feita para a equação logística com parâmetros semelhantes a estes na figura 4, a série converge para o valor de equilíbrio $x = 0,60$.

Figura 3
Curva de Fase para uma Série Convergente ao Equilíbrio

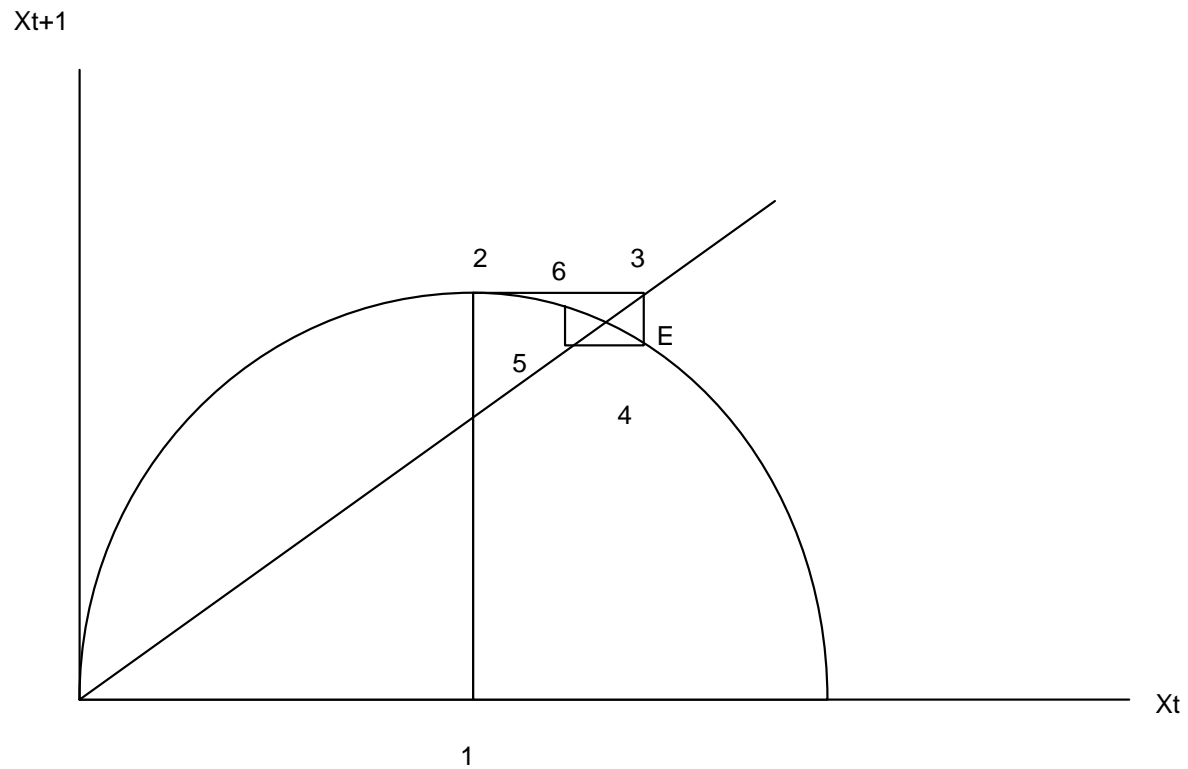
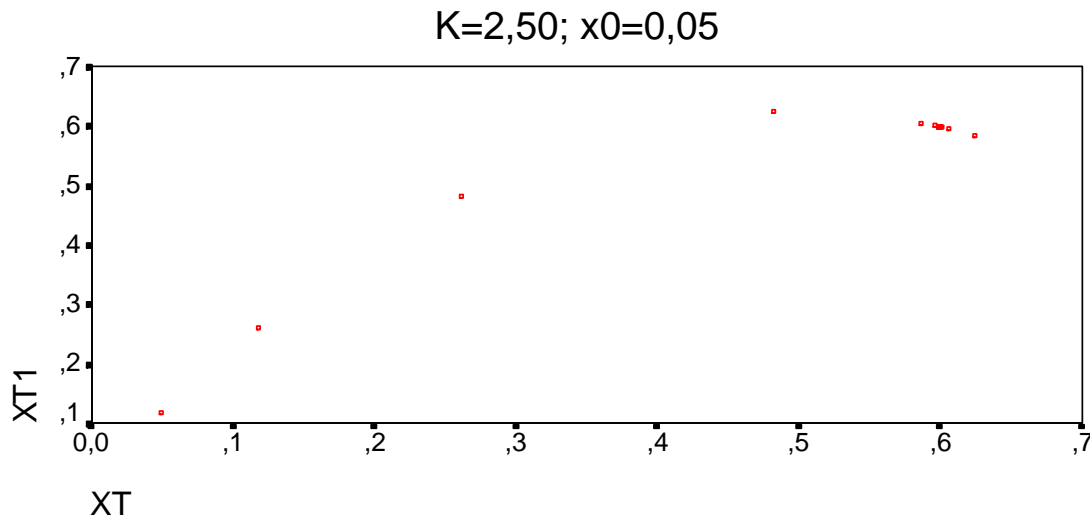


Figura 4
Iteração da equação logística



Seria fácil mostrar que se a curva de fase cruzar o raio de 45 graus em sua fase ascendente, e isto só aconteceria se a curva fosse bem menos íngreme, outros tipos de comportamentos convergentes se produziriam, além do oscilatório retratado acima, mas não é o caso de estender mais a análise aqui.

Mais importante é definir uma metodologia para avaliar a declividade da curva de fase, de modo a identificar o grau de instabilidade (se for o caso) presente nos agregados macroeconômicos brasileiros.

Por se tratar de pesquisa de fronteira, ainda não se cristalizou uma técnica decididamente superior a outras possíveis de identificação de padrões caóticos em séries econômicas. A própria separação entre dinâmicas governadas principalmente por fatores determinísticos e aquelas ditadas por elementos estocásticos não pode ainda ser efetuada sem ambigüidades.⁴ Tem-se tentado, a esse respeito, desenvolver técnicas que permitam identificar a dimensão do conjunto de pontos para o qual a trajetória temporal das séries tende no limite, na suposição de que sistemas não aleatórios apresentam uma dimensão maior, na medida em que só podem ser descritos por um *continuun* de frequências, do que os sistemas determinísticos⁵. Os resultados, no entanto, ainda não são conclusivos, principalmente porque sendo as séries utilizadas necessariamente finitas, não é possível dizer com certeza se os atratores dessas

⁴Ver a respeito, por exemplo, Baumol e Benhabib (1989:101)

⁵Ver, entre outros, Brock (1986) e Takens (1985)

trajetórias são de dimensão reduzida ou, se na verdade, o conjunto de observações restrito é que produz este resultado⁶.

Este - a extensão reduzida das séries - é exatamente o problema em trabalhos como o aqui proposto. A utilização de métodos sofisticados nesses casos não parece ser indicada, visto que pouco acrescenta de informação, dado que a restrição principal está na limitação da base de dados. Assim, optar-se-á por realizar um estudo mais simples, procurando-se identificar heurísticamente a ocorrência de padrões caóticos nas séries de produção real, seguindo a metodologia inicialmente sugerida por Baumol e Benhabib (1989), descrita acima, e desenvolvida posteriormente por Priesmeyer (1995), utilizando a técnica da regressão logística⁷.

A técnica consiste em ajustar, por mínimos quadrados ordinários, os dados obtidos pela iteração de uma função logística do tipo $X_{N+1} = K X_N (1 - X_N)$ à série de dados observados, no caso à série macroeconômica sob estudo. Este procedimento permite estimar o valor de K, que fornece um indicador da inclinação da curva de fase, ao identificar a equação logística com melhor ajustamento aos dados observados de acordo com o coeficiente de determinação (R^2) e o teste F.

Valores baixos de K descrevem trajetórias estáveis (sistemas com expoentes de Lyapunov menores ou iguais a zero) como a representada nas figuras 3 e 4 e valores elevados, trajetórias instáveis ou mesmo caóticas dependendo do valor absoluto do parâmetro, como as mostradas nas figuras 1 e 2; valores de K superiores a 3,75 por exemplo produzem trajetórias caóticas (Priesmeyer, op.cit., p. 332), embora valores altos de k, superiores a 3,5, já indiquem um grau de instabilidade substancial da variável em questão⁸.

O emprego da técnica da regressão logística envolverá as seguintes etapas:

1 - Padronização dos dados observados, isto é da série macroeconômica em estudo, normalmente em termos de taxas de variação, computando valores para Z, segundo a fórmula:

⁶Ver Ramsey & Yun (1987)

⁷ O termo regressão logística não se refere aqui obviamente aos procedimentos econométricos tradicionais de regressão. Ele é empregado para designar um processo de voltar aos estados passados de um sistema, visando identificar a equação implícita que aplicada a esses estados passados gera seus estados futuros (ver Priesmeyer, op. cit., p. 331). Mantém-se o termo neste trabalho apenas para não dar a idéia de que está se propondo algum método ainda desconhecido de tratamento de séries caóticas.

⁸ Estudando dados sobre consumo de cocaína e de crimes violentos nos Estados Unidos, Priesmeyer, op. cit. p. 333, conclui que "The high value of K for cocaine use suggests an entirely different social system. The value places this system near but not in chaos. It is in a zone where the logistic equation has bifurcated at least twice. It is complex enough to be so sensitive to initial conditions that any action which changes the incidence... in any way has unpredictable results. Put simply, actions which decrease current use may contribute to higher future use or they may not; actions which contribute to higher current use may contribute to lowering use in the future or they may not. The system is just too complex to draw relations through subsequent iterations of the logistic as is possible with the system controlling violent crime."

$$Z_n = \frac{X_n - \mu}{\delta_1} \quad \text{onde} \quad \delta_1 = \frac{\sum (X - \nu)^2}{n}$$

2 - Cálculo dos valores logísticos, iterando t vezes (t = 20)

$$X_{N+1} = kX_N(1 - X_N)$$

para $0 \leq k \leq 4$ e $0 < X \leq 0,50$ ⁹ incrementando-se k e X por 0,05 no intervalo $0 < k < 3,50$, onde as trajetórias não divergem ou divergem pouco e por 0,01 para valores superiores onde as trajetórias divergem em relação às condições iniciais.

3 - padronização dos valores logísticos da mesma forma que o realizado para os valores observados.

4 - Ajuste dos dados observados e os valores logísticos padronizados por mínimos quadrados ordinários, identificando o k correspondente a regressão com maior R^2 .

5 - Verificação da qualidade do ajustamento pelo teste F.

O procedimento consistirá então, em suma, em iterar “t” vezes (t=20) 3200 equações logísticas (700 no intervalo $0 < k < 3,50$ e 2500 no intervalo $3,50 \leq k \leq 4,00$), escolhendo aquela que melhor ajustar-se à série de investimentos observada.

Os valores de K assim obtidos (através das estimativas k) permitirão fazer inferências sobre os coeficientes de Lyapunov e portanto sobre a dinâmica dos agregados macroeconômicos observados, como descrito na subseção anterior. Valores elevados desse parâmetro apontarão para um expoente positivo, o que poderá sugerir que a série em questão tenha convergido para um atrator estranho no período recente, ou que a série apresente um componente caótico, que pode ser mais ou menos significativo, dependendo do valor de R^2 e da qualidade do ajustamento.

4 - Resultados

A tabela I, a seguir, mostra que a função investimento brasileira no período que compreende os últimos vinte meses do período militar (junho/1983 - fevereiro/1985) e os vinte meses compreendidos entre setembro de 1996 e abril de 1998, na parte final do primeiro governo

⁹ Já que devido ao próprio formato da equação logística, trajetórias iniciando em $X_0 > 0,5$ terão o mesmo formato das complementares que iniciam em $X_0 < 0,50$.

FHC. Utiliza-se como “proxy” do investimento agregado a taxa de variação mensal da produção de bens de capital dividida pela taxa de variação da produção de bens de capital em igual período do ano anterior¹⁰.

A primeira observação é que a função investimento apresenta sempre, independentemente do período considerado, um alto grau de instabilidade. Isto é um valor de K superior a 3,50. A conclusão mais interessante, entretanto, é que o grau de instabilidade invariavelmente aumenta, após um primeiro período de relativa estabilização nos primeiros vinte meses de cada governo (a exceção é o período Fernando Henrique Cardoso, a cuja discussão voltaremos mais à frente).

Observe-se inicialmente os períodos março 1985 / outubro 1986 e março de 1990 / outubro 1991, que compreendem os primeiros vinte meses do governo Sarney e Collor, respectivamente. Em ambos, o valor de K se reduz de valores dentro da região estritamente caótica (nos vinte meses imediatamente anteriores) para 3,71, o qual embora ainda indique a presença de instabilidade no investimento corresponde a uma dinâmica não estritamente caótica. Após esse primeiro período entretanto a instabilidade volta a crescer, recolocando a economia na região caótica.

Tabela I
Parâmetros logísticos da função investimento brasileira - junho de 1983 / abril de 1998

Período	K	X0	R ²	F
jun 83/ fev 85	3,98	0,28	0,502	18,16*
mar 85/ out 86	3,71	0,46	0,462	15,42*
nov 86/ jun 88	3,85	0,29	0,400	11,82*
jul 88/ fev 90	3,92	0,47	0,550	21,77*
mar 90/ out 91	3,71	0,46	0,438	14,04*
nov 91/ jun 93	3,82	0,06	0,500	18,00*
mai 93/ dez 94	3,89	0,17	0,474	16,24*
jan 95 / ago 96	3,94	0,22	0,490	17,29*
set 96 / abr 98	3,96	0,15	0,648	33,16*

¹⁰ De modo a eliminar os efeitos da sazonalidade mensal da variável; os dados foram extraídos de Conjuntura Econômica, diversos números.

* significativos a menos de 1% de probabilidade

Qual o significado disso ? Parece que uma boa explicação pode ser a seguinte: no início de cada gestão os governos dispõem de um grau de credibilidade maior, o que induz os investidores a envolverem-se em investimentos seqüenciais de maior prazo de maturação. Neste caso, a volatilidade mensal da taxa de investimento é muito menor do que nos termos finais de cada administração quando os governos já não desfrutam de tanta credibilidade como no início. Tome-se o caso do período Sarney, por exemplo. Após um período inicial de falta de legitimidade política, o governo tomou a iniciativa lançando o plano Cruzado, que lhe conferiu imensa popularidade e ajudou a estabilizar (relativamente) o investimento, na medida em que a eliminação da inflação abria novas perspectivas para o investimento. A constatação após novembro de 1986 de que a estabilização havia sido um fenômeno temporário, contudo, instabilizou novamente o investimento até a posse de Collor de Mello. O sentimento de alívio por parte do empresariado pelo fato de uma candidatura potencialmente perigosa para os interesses do capital haver sido derrotada, bem como a perspectiva de um período de predomínio desses interesses nos próximos anos, mesmo em face do terremoto econômico provocado pelo plano de estabilização implementado pela ministra Zélia Cardoso de Melo, certamente ajuda a compreender porque o investimento novamente se tornou mais estável¹¹. A partir de novembro de 1991 entretanto, já estava claro que não apenas o plano de estabilização não levaria a parte alguma, como também que a turbulência política, iniciada por suspeitas de corrupção (afinal confirmadas) no núcleo mais íntimo do poder, iria produzir conseqüências impossíveis de prever àquela altura. Não é surpreendente assim que o investimento volte apresentar uma dinâmica caótica no período que compreende os meses de “desgraça” do governo Collor e a gestão de Itamar Franco, a qual devido à sua própria natureza quase interina é incapaz de fornecer um horizonte de planejamento minimamente seguro para os investidores.

Mas o que dizer do governo Fernando Henrique Cardoso ? Seria de se esperar que, pelos mesmos motivos apresentados acima, o investimento apresentasse uma tendência de estabilização pelo menos no início, mas não foi o que aconteceu. Ao contrário, o valor de K aumentou em relação ao período Itamar, permanecendo nesse nível daí em diante. Em poucas palavras, o governo obteve uma legitimidade e portanto uma credibilidade política sem precedentes no passado recente (devido em grande parte ao plano Real é claro) mas foi incapaz de passar a mesma confiança para os investidores produtivos. Por que?

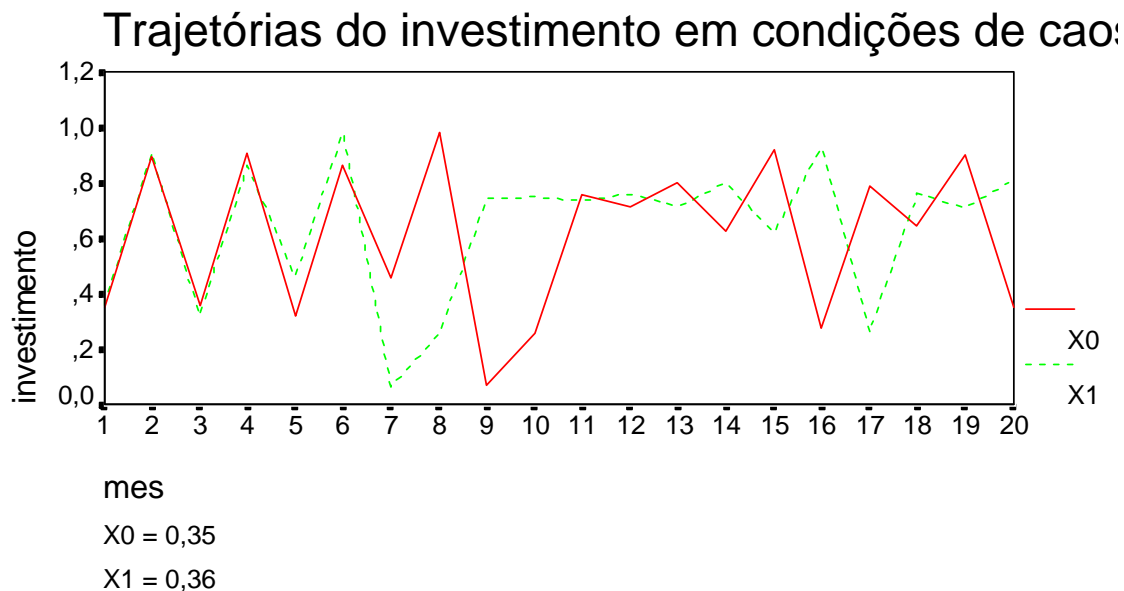
¹¹ Não deixa de ser interessante observar, para compreender porque o capital privado não se assustou tanto com o plano, que o confisco de aplicações financeiras foi burlado de diversas maneiras, resultando que os principais perdedores do plano Collor foram os pequenos aplicadores.

Não é possível no nível de análise empregado neste trabalho dar uma resposta conclusiva a esta questão; tudo o que se pode afirmar, obviamente com a segurança dada pelos intervalos de confiança das estimativas obtidas, é que a instabilidade do investimento aumentou no período. Parece muito provável, entretanto, que uma parte da explicação esteja na existência de um *trade-off* entre estabilização de preços e estabilidade do investimento, principalmente na medida em que uma das âncoras fundamentais do plano real foi o câmbio apreciado, que induziu um aumento significativo do volume de importações estreitando o mercado doméstico para os produtores nacionais. Isso, como regra geral, devido à ausência de um projeto global de inversão como o implementado na segunda metade da década de 1970, ao invés de estimular o investimento em novas tecnologias acabou na prática por inviabilizar investimentos isolados de maior prazo de maturação. O que parece ter ocorrido, em resumo, é que a abertura comercial ao reduzir a dimensão do mercado interno para os produtores nacionais, contribuiu para inibir investimentos que requerem uma escala eficiente de produção relativamente grande. Os investimentos que apesar disso foram realizados consistiram, ao que tudo indica, em ajustamentos localizados na capacidade produtiva que, por sua própria natureza, são incapazes de induzir investimentos complementares e assim desencadear um processo de elevação sustentada da taxa de inversão da economia, que se refletiria numa trajetória mais estável do investimento no período.

Como mencionado anteriormente, entretanto, por mais interessantes que possam parecer, os resultados acima são preliminares e devem ser explorados com cautela. Deve-se observar por exemplo que não há de fato qualquer razão para que o comportamento da função investimento brasileira possa ser explicado integralmente pela equação logística, ou que esta seja de fato a melhor especificação funcional possível; muitas outras especificações não lineares são obviamente concebíveis. O que os dados retratados na tabela I permitem inferir é que há boas razões para acreditar que, independentemente da forma específica da trajetória, uma curva de fase logística, semelhante às retratadas nas figuras 1 e 2 da subseção anterior, parece “explicar” uma parte importante da evolução da taxa de investimento brasileira no passado recente. Nessas condições, o investimento parece “responder” de maneira analiticamente compreensível a alterações no meio ambiente econômico, inclusive às medidas de política econômica, apresentando eventualmente comportamento caótico. A teoria do caos ensina que, quando esse último tipo de dinâmica (caótica) prevalece, torna-se impossível para todos os efeitos práticos estabelecer *a priori* relações de causa e efeito entre as variáveis que supostamente afetam o investimento e o desempenho dessa variável fundamental para o equilíbrio macroeconômico do sistema. Assim, a possibilidade de o investimento (ou parte significativa dele) apresentar de tempos em tempos dinâmica caótica ($K > 3,75$), problematiza, para dizer o mínimo, a capacidade do estado de regular o nível de atividade econômica, visto ser virtualmente impossível estimar

o efeito de políticas que alterem o volume atual de inversão sobre sua evolução futura, mesmo em prazo curto. A figura 5 mostra a divergência na taxa de investimento a partir do quinto mês (assumindo $K=3,95$, isto é o K médio observado no período Fernando Henrique), após uma alteração mínima de X_0 para X_1 em um mês 1 qualquer, provocada por exemplo por uma intervenção direta da autoridade econômica sobre a taxa de investimento atual.

Figura 5



Nessas condições, uma pequena redução na taxa de juros, que eleve o investimento em um determinado mês de $X_0 = 0,35$ para $X_1 = 0,36$ (o mês 1 na figura 5) em termos padronizados, pode produzir efeitos sobre o investimento totalmente contrários ao inicialmente previstos pelo formulador de política. No sétimo mês depois do aumento dos juros, por exemplo o investimento pode ser muito menor do que seria se os juros não tivessem sido alterados. No nono mês, entretanto, o investimento é maior do que o atual e bem maior do que seria se os juros não tivessem caído, enquanto que no décimo sétimo mês após a redução dos juros, ele volta ao mesmo nível que estava no princípio, sendo bem menor do que seria se a taxa de juros não tivesse sido alterada.

O importante a observar, em resumo, é que as não-linearidades que produzem o comportamento caótico fazem com que não se possa prever o efeito sobre a taxa de investimento, mesmo em prazo relativamente curto, de qualquer medida que altere ainda que ligeiramente a taxa de inversão atual. Quando o investimento apresenta dinâmica caótica, portanto, não apenas o planejamento econômico, entendido como o delineamento de um conjunto de medidas que

produzam efeitos determinados no médio e longo prazos, torna-se virtualmente impossível, como problematiza-se a capacidade da autoridade econômica de conduzir a contento as políticas fiscal e monetária, visto estas afetarem significativamente mas de maneira imprevisível as variáveis macroeconômicas associadas ao equilíbrio de longo prazo da economia.

5 - Conclusão

O significado da evidência empírica apresentada no trabalho não é evidentemente o de que o investimento tenha se tornado estritamente caótico no passado recente. O que a identificação de um componente caótico expressivo nas função investimento durante todo o governo Fernando Henrique Cardoso autoriza concluir é que ela tem se tornado cada vez mais instável, no sentido de tornar-se impossível estimar, com algum grau de precisão, os efeitos de políticas econômicas alternativas sobre as trajetórias das diversas variáveis macroeconômicas, mesmo em prazo curto. O mesmo aparentemente ocorreu nos governos Sarney e Collor, mas apenas quando estes perderam credibilidade política, após um primeiro período de relativa estabilidade do investimento; durante o governo Fernando Henrique, entretanto, a legitimidade política não provocou um aumento sustentado do investimento, que caso houvesse ocorrido produziria um comportamento menos instável da taxa de inversão.

Uma possível explicação para isso é que parece haver um *trade-off* entre estabilidade de preços e estabilidade macroeconômica global inerente na estratégia de estabilização atual. Nesse sentido, parece que a abertura comercial, segundo alguns exagerada, o câmbio aparentemente sobrevalorizado e as elevadas taxas de juros em termos internacionais têm sido úteis para *ancorar* o real, mas têm atuado colateralmente sobre o equilíbrio macroeconômico, desestabilizando a taxa de inversão.

Como indicado na introdução deste texto, finalmente, a instabilidade atual do investimento na economia brasileira não é necessariamente uma característica inevitável de sua estrutura, parecendo resultar, ao contrário, do fato de ela haver sido “empurrada” além de um limiar em que se pode estabelecer, com alguma segurança, relações de causa e efeito entre as variáveis econômicas¹². Nessas condições não se pode esperar que o problema do desemprego atual, por exemplo, possa ser enfrentado seriamente a partir de medidas pontuais de elevação de demanda efetiva para alguns ramos considerados estratégicos em termos do nível de emprego

¹² Algo semelhante teria acontecido com a economia americana no final da década de sessenta, em razão da instabilidade gerada pela virtual falência do acordo de Bretton Woods. Segundo Malabre Jr. (1995:107): “Aquilo que havia funcionado bem no período 1966-1967 fracassou no período de 1968-1969. No final, aquelas perguntas já familiares permaneceram sem resposta: dinheiro mais fácil significa taxas de juros mais baixas. Ou será que significa taxas de juros mais altas? Dinheiro mais escasso significa taxas de juros mais elevadas. Ou será que significa taxas de juros mais baixas. O aumento de impostos diminui a taxa de inflação. Ou será que irá piorar a inflação?”

total, em razão digamos do seu grau de encadeamento com o restante da economia. Nada garante que, apresentando um componente caótico expressivo (na medida em que seu determinante fundamental é a taxa de investimento), o nível de emprego crescerá de forma sustentada a partir de uma elevação de seu nível atual. Ao contrário, parece que a instabilidade atual é essencialmente sistêmica, o que significa que a única forma de recuperar alguma previsibilidade da política econômica é reconduzir a economia (isto é seus parâmetros) à uma zona mais estável de sua dinâmica.

Uma última observação para concluir: sob certas condições o fato de o investimento comportar-se de forma caótica determinista, situando-se na fase também conhecida como limite do caos (isto é no intervalo $3,75 \leq k \leq 4$) pode significar que a economia esteja se adaptando a mudança em seu meio ambiente competitivo, como as provocadas por exemplo por mudanças de paradigmas tecnológicos, como sugerido em BUENO (1996,1997). Isto infelizmente parece ser improvável nas atuais circunstâncias, não apenas pelo reduzido volume absoluto de inversão, como pela instabilidade observada nas demais principais variáveis macroeconômicas, o que sugere muito mais, como já mencionado, descontrole econômico do que adaptação evolutiva.

Referências

BAUMOL, W. & BENHABIB, J. " Chaos: Significance, Mechanism, and Economic Applications." Journal of Economic Perspectives, vol. 3 (1), winter 1989.

BROCK, W.A. "Distinguishing random and deterministic system: abridged version " Journal of Economic Theory, v.40, pp. 168-195, 1986.

BUENO, N.P. "Can complexity theory help to explain why Britain lost world industrial leadership to Germany in the end of the nineteenth century ? " Rio de Janeiro: Seminário Internacional sobre instituições e desenvolvimento econômico - anais, nov. 1997.

_____. "Complexidade e evolução: uma nota sobre a estrutura dos modelos neo-schumpeterianos." Revista Brasileira de Economia, vol.50 (4), dez. 1996.

FIEDLER-FERRARA, N. e CINTRA DO PRADO, C. Caos: uma introdução. São Paulo: editora Edgar Blucher, 1994.

CAPRA, F. A teia da vida. São Paulo: Cultrix, 1997.

GLEICK, J. Caos - a criação de uma nova ciência. Rio de Janeiro: Campus, 1990.

GREGERSEN, H. & SAILER, L. "Chaos theory and its implications for social science research" Human Relations, 46 (7), 1993.

MALABRE Jr. , A L. Os profetas perdidos - uma história confidencial dos economistas modernos. São Paulo: Makron Books, 1995.

- MANDELBROT, B. "The variation of certain speculative prices." *Journal of Business*, 36, 1963.
- PRIGOGINE, I. & STENGERS, I. Order out of chaos - man's new dialogue with nature. New York, Toronto: Bantam Books, 1984.
- PRIESMEYER, H.R. "Logistic regression: a method for describing, interpreting, and forecasting social phenomenon with nonlinear equations." In: Albert, A Chaos and Society. Amsterdam, Oxford: IOS Press, 1995 .
- _____. Organization and chaos - defining the methods of nonlinear management. Westport, Connecticut: Quorum Books, 1992.
- RADZICKI, M. "Institutional dynamics, deterministic chaos and self-organizing systems. " *Journal of Economic Issues*, XXIV (1), march 1990.
- RAMSEY, J. & YUN, HSIAO-JANE "The Statistical properties of dimension calculations using small data sets" , mimeo, New York University, 1987.
- TAKENS, F. "Distinguishing deterministic and random systems." In: ROSENBLATT, G. C., IOSS, G. & JOSEPH, D. (eds) Nonlinear dynamics and turbulence. Boston: Pitman, 1985. _

Resumo

O objetivo do texto é sugerir a possibilidade de utilização de uma nova técnica de análise de séries econômicas, pertencente ao arsenal quantitativo da teoria do caos, em estudos de economia institucional: a técnica da regressão logística. Com o auxílio da técnica, mostrou-se que o investimento na economia brasileira torna-se mais instável quando o governo perde credibilidade política e/ou quando implementa políticas que facilitam exageradamente as importações, como tem acontecido desde 1995 . Essas conclusões não são obviamente surpreendentes, mas uma terceira , derivada dessas duas, a saber, o fato de que a instabilidade pode ultrapassar um limiar em que o investimento torna-se caótico, reduzindo substancialmente os graus de liberdade para a política econômica, pode ser um *insight* original para a discussão atual.