

BROCK, W.A, HSIEH, D. A., LEBARON, B.. *Nonlinear Dynamics, Chaos, and Instability: Statistical Theory and Economic Evidence*
MIT Press, Cambridge (Mass), 1991

Antônio Aguirre*

Os autores desse livro são econometristas das universidades de Wisconsin (Brock e LeBaron) e Duke (Hsieh). A obra, que foi escrita para economistas, é especializada na área de caos e dinâmica complexa e apresenta tanto técnicas empíricas quanto questões metodológicas e filosóficas mais gerais que surgem quando enfocamos o problema de um ponto de vista amplo.

Desde 1970, os desenvolvimentos ocorridos na área da dinâmica não-linear levaram à proposição de explicações para fenômenos observados em alguns sistemas complexos que agora são denominados caóticos. Esse corpo de conhecimentos foi aplicado a fenômenos tão diversos como o movimento planetário e epidemias de sarampo, sendo usado para explicar muitos comportamentos complexos na biologia, medicina e, especificamente, cardiologia. Talvez motivados pelo fato de a teoria do caos ter influenciado áreas tão diferentes, os autores sugerem que, “*dado que as séries temporais econômicas parecem ser ‘aleatórias’ e são difíceis de prever, é natural que os economistas tentem usar a teoria do caos em aplicações à economia e às finanças.*” (p. 1)

A apresentação se caracteriza por um certo equilíbrio entre detalhes técnicos compreensivos (incluindo a prova de cada teorema apresentado), explicações heurísticas e questões mais gerais, algumas das quais ainda não têm solução. O leitor que deseje acompanhar as demonstrações deve ter um bom domínio do cálculo e algum conhecimento de análise.

O livro contém uma ótima revisão dos assuntos mais importantes na literatura teórica de economia ligados com caos e dinâmica complexa. A bibliografia citada é enciclopédica, incluindo cerca de 250 referências. Os autores apresentam, também, uma revisão profunda da literatura sobre detecção de caos e de estruturas não-lineares em dados de séries temporais.

Com relação aos novos métodos estatísticos existentes para testar a presença de caos num conjunto de dados, a exposição é excelente. Os autores mostram, também, como os princípios da teoria do caos podem ser aplicados em áreas de economia tais como a análise da volátil

* Professor da FACE/UFMG, Pesquisador do CEDEPLAR/UFMG.

estrutura de rendimentos das ações (Capítulo 3) e o estudo da não-linearidade das taxas de câmbio (Capítulo 4). Eles apresentam suas próprias pesquisas, na fronteira do conhecimento nessa área, a um nível de rigor suficiente para permitir a outros pesquisadores construir, com base em seus resultados, assim como verificar a solidez de seus argumentos.

O Capítulo 1 contém definições básicas, o conceito de caos e a distinção entre modelos não-lineares com caos determinístico de baixa dimensão, e modelos estocásticos não-lineares. Nesse capítulo, discutem-se, também, as possíveis 'rotas' pelas quais a dinâmica complexa e a dinâmica caótica podem aparecer nos modelos econômicos.

O segundo capítulo trata dos testes para detectar não-linearidades. Os autores, que desempenharam um importante papel no desenvolvimento de métodos básicos para identificar a presença de caos e não-linearidades, fornecem uma detalhada exposição dessas técnicas. Em especial, eles introduzem e descrevem o chamado 'teste BDS' (de Brock, Deckert e Scheinkman) que detecta a existência de estruturas suscetíveis de serem preditas e de padrões ocultos em dados de séries temporais. Esse teste pode ser adaptado para testar a adequação do ajuste de modelos de previsão. Segundo os autores, "...BDS is offered as a portmanteau goodness-of-fit test... to complement other tests" (p. 8).

O procedimento padrão para detectar não-linearidade é o seguinte: ajusta-se aos dados um modelo linear de séries temporais, assegurando-se que os resíduos sejam serialmente independentes, e então se aplica o teste BDS. A rejeição significa que o modelo é não-linear, ou seja, que, potencialmente, um modelo não-linear poderia dar um ajuste melhor. Assim, o teste BDS tem valor prático como um teste de especificação. Uma falha aparente do teste BDS é que, quando rejeita a hipótese nula, ele não oferece nenhuma pista quanto à causa da rejeição e, portanto, nenhuma indicação sobre como especificar um modelo não-linear que substitua o modelo rejeitado.

Enfatiza-se *baixa* dimensão porque, do ponto de vista prático, não há diferença entre o caos determinístico de alta dimensão e a aleatoriedade. Duas séries temporais podem ter espectros de potência muito semelhantes, na forma de banda ampla, mas podem ter sido geradas por sistemas com propriedades muito diferentes. Um poderia ser um sistema linear excitado estocasticamente por um ruído externo e o outro um sistema determinístico não-linear com um pequeno número de graus de liberdade. Em princípio, pode-se detectar qualquer caos determinístico, sempre que existam dados suficientes. Na prática, contudo, nunca os dados são suficientes para detectar caos de alta dimensão. Portanto, o melhor que se pode conseguir é detectar caos de *baixa* dimensão. Uma das conclusões do livro é a de que a evidência da presença de processos geralmente determinísticos e caóticos de baixa dimensão em séries econômicas e financeiras não é muito forte.

O Capítulo 3 contém uma aplicação à análise dos rendimentos de ações. Testa-se para detectar estruturas não-lineares naqueles rendimentos. Por muito tempo, pensou-se que os preços das ações seguissem um passeio aleatório. Antes da dinâmica não-linear, os testes para o passeio aleatório usualmente se apoiavam no cálculo de coeficientes de autocorrelação, que não deviam ser diferentes de zero. Agora sabe-se que a falta de dependência linear (autocorrelações nulas) não elimina a possibilidade de existir dependência não-linear que, se presente, contradiz o modelo do passeio aleatório. Os autores usam a estatística BDS e vários outros métodos para testar a hipótese de ausência de não-linearidade nos rendimentos das ações, incluindo o teste de Engle (1982) e Tsay (1986). Nenhum desses testes foi capaz de produzir resultados uniformes, nos diversos períodos de tempo estudados.

O quarto capítulo apresenta uma aplicação às taxas de câmbio, investigando-se se as variações dessas taxas apresentam dependência não-linear, contrariamente à hipótese de que seguem um passeio aleatório. As variações das taxas de câmbio diárias não são serialmente independentes. Com efeito, apesar de existir pequena dependência linear nos dados, há forte evidência de dependência não-linear. Ainda que isso seja compatível com a presença de caos de baixa dimensão, não há evidências adicionais que confirmem a possibilidade de previsão de curto prazo das taxas de câmbio. A evidência obtida por meio de momentos de terceira ordem indica que, no caso das taxas de câmbio, a não-linearidade está mais ligada a mudanças nas variâncias do que nas médias. Isso é consistente com a presença de heteroscedasticidade condicional e explica por que os autores usam modelos ARCH e GARCH nas suas análises.

Por último, o Capítulo 5 é um sumário e um balanço do 'estado das artes' em matéria de não-linearidade e caos. Os apêndices do livro fornecem as tabelas necessárias para fazer testes de significância, calcular quartis e estabelecer o poder do teste BDS. O livro vem acompanhado dos *softwares* necessários para implementar o teste, sendo todo o processo auto-explicativo e de fácil utilização.

A metodologia proposta nesse livro pode desempenhar, na econometria não-linear, um papel semelhante àquele da estatística D-W (Durbin-Watson) e da estatística Q (Liung-Box) na econometria linear.

Referências bibliográficas

ENGLE, R. Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of U.K. Inflation, *Econometrica*, 50:987–1007, 1982.

TSAY, R. Nonlinearity Tests for Time Series, *Biometrika*, 73:461–466, 1986.

