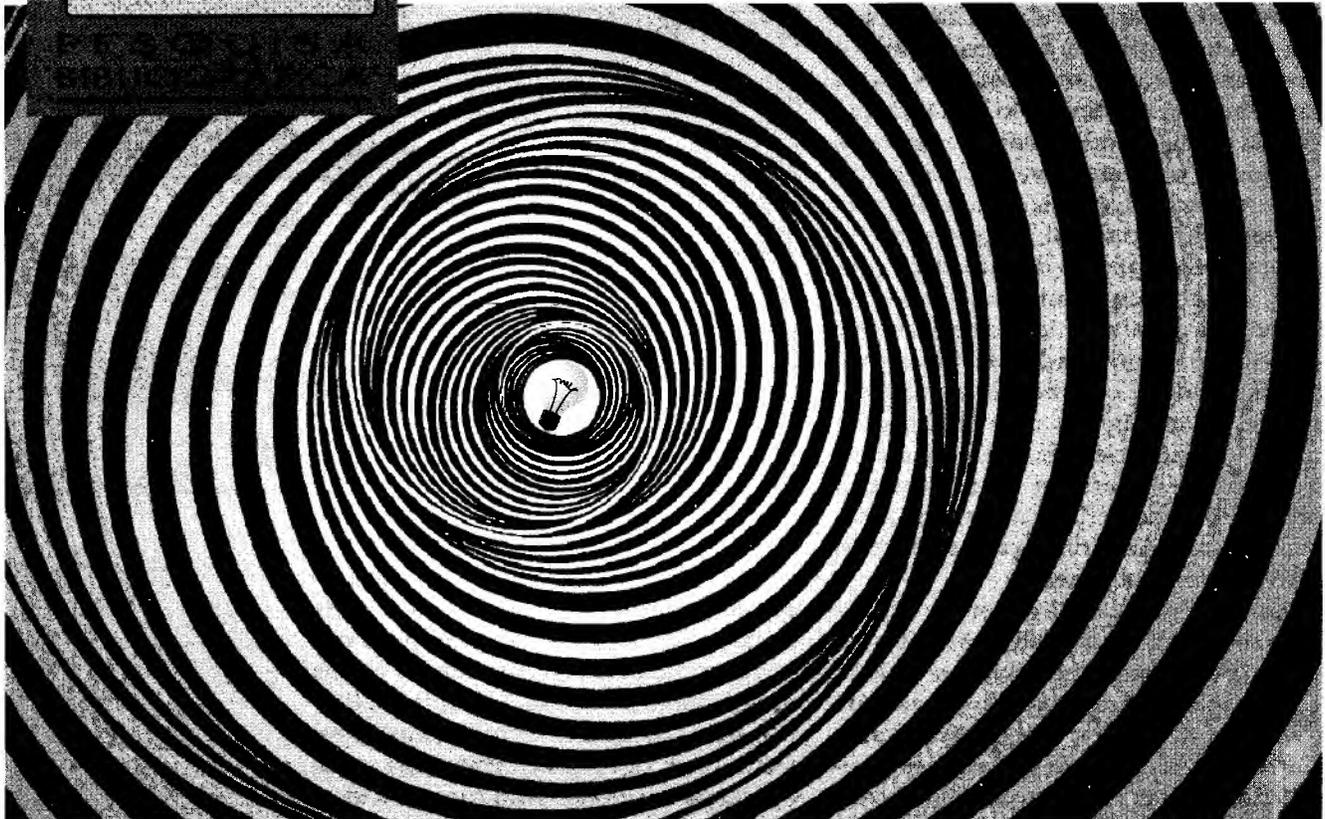


CAOS: A CRIAÇÃO DE UMA NOVA CIÊNCIA?

As aplicações e implicações da Teoria do Caos na Administração de Empresas



■ **Thomaz Wood Jr.**

Engenheiro Químico pela UNICAMP, Mestre em Administração de Empresas pela EAESP/FGV e Profissional do Setor Fibras e Polímeros da Rhodia S.A.

* **RESUMO:** *Um dos desenvolvimentos mais importantes das últimas décadas foi a descoberta e estudo do chamado comportamento caótico de sistemas dinâmicos não lineares. Esta pesquisa procura sintetizar as principais aplicações da Teoria do Caos relacionadas a campos de estudos ligados à Administração de Empresas. São sucessivamente tratados estudos relacionados a Finanças, Economia e Gerenciamento. Os princípios, idéias e conceitos tratados pela Teoria revelam-se ferramentas úteis na evolução do conhecimento dos sistemas complexos. Relacionados aos desenvolvimentos ligados à Teoria dos Sistemas, ao Paradigma da Complexidade e aos sistemas auto-organizados, os conceitos da Teoria do Caos representam uma importante troca de paradigma nas ciências sociais e naturais: a superação da visão de um mundo determinista e previsível, sujeito a leis universais.*

* **PALAVRAS-CHAVE:** *Teoria do Caos, complexidade, Teoria Sistêmica, modelagem, sistemas auto-organizados.*

* **ABSTRACT:** *One of the most important developments in the last decades has been the discovery and study of the so called chaotic behavior in dynamic, non-linear systems. This research summarises some theoretical and practical applications of the Chaos Theory in various fields of the Business Administration. Studies related to Finances, Economy and Management are treated. The principles and ideas derived from the Chaos Theory are useful skills to enhance the knowledge of complex systems. These concepts are close to those from Open Systems Theory, the Complexity Paradigm and the Self-organized Systems. They represent an important shift of paradigm in the natural and social sciences: the overcome of the vision of the world deterministic and predictable, subordinate to universal and controlled rules.*

* **KEY WORDS:** *Chaos Theory, complexity, Open Systems Theory, modeling, self-organized systems.*

APRESENTAÇÃO

Na Administração, quando nos defrontamos com temas da moda – e não têm sido poucos os casos – somos em geral tomados por sentimentos ambíguos: de um lado, nossos preconceitos gerados e sedimentados ao longo de anos de exposição à exploração e vulgarização de temas científicos; de outro, uma certa atração pelo frescor das novidades e a possibilidade de conseguir com elas novos *insights* sobre o nosso objeto de estudo. Este é o caso da Teoria do Caos.

Em grande escala, a partir dos anos 80, a indústria editorial foi acometida, e cometeu, dois *booms* quase simultâneos. Ao mesmo tempo que a literatura de divulgação das conquistas científicas tomava novo impulso, um certo filão voltado para a questão organizacional surgiu com grande força. O primeiro fenômeno refletia o avanço das ciências básicas e aplicadas e a afetação produzida por estes avanços sobre o dia a dia das pessoas. Já o segundo fenômeno foi fruto da transformação da organização como objeto de estudo. Enquanto que, nos anos 30, organizar tinha o sentido de segmentar, planejar, ordenar e controlar, nos anos 60 e 70 a organização já era vista como uma força-motriz da modernidade e transformava-se, para desespero dos deterministas, num “baú complexo” e pouco compreendido. Os gerentes, por sua vez, passaram a sentir-se como os habitantes de Tebas diante da Esfinge. Feliz, ou infelizmente, não faltaram candidatos a Édipo escrevendo livros.

A Teoria do Caos passa por estes dois fenômenos e é significativa de um terceiro. Surge, inicialmente, em estudos e modelações matemáticas ligadas à meteorologia, à biologia, à física e à química. Ganha espaço e popularidade através da literatura de divulgação científica, principalmente por sua característica de transdisciplinaridade, sua capacidade de explicar eventos tão distintos quanto a variação da temperatura ambiente, o crescimento de populações de insetos ou o batimento cardíaco. Um de seus desenvolvimentos paralelos, de belo efeito plástico e forte apelo popular, as superfícies fractais, foi, há algum tempo atrás, inclusive objeto de uma exposição fotográfica no Museu de

“
**Bem primeiro nasceu Caos,
 depois também Terra de
 vasto peito, de todos sede
 segura, dos imortais que
 possuem o cume do Olimpo
 nevado, e Tártaro de amplas
 vias, nevoento, na escuridão
 sob o solo. E Eros, o mais
 belo dentre os Deuses
 imortais, o solta-membros,
 que doma no peito dos
 homens e Deuses o juízo e a
 prudente vontade.**

”

Hesíodo

Arte de São Paulo, o MASP. De outro lado, no mundo organizacional, Caos passou a ser uma palavra muito empregada e gerou pelo menos um grande *best-seller* – *Prosperando no Caos*, de Tom Peters. Transformações e instabilidades sem precedente sacudiam as organizações e seus administradores. Surge, então, o terceiro fenômeno, que é a crescente utilização de imagens, metáforas e idéias ligadas às ciências naturais para melhor compreender os fenômenos organizacionais.

Bom, já é hora de definir minimamente o que é a Teoria do Caos. Em contraposição à idéia de ausência de ordem que intuitos, a Teoria do Caos está justamente ligada à descoberta de padrões e leis razoavelmente simples governando uma série de fenômenos complexos. Mas não se confunda esta existência de padrões com a possibilidade de previsão. Uma característica dos sistemas caóticos é que qualquer mínima alteração em uma das suas condições iniciais pode provocar profundas mudanças de trajetória ou comportamento. Daí a imprevisibilidade.

Por suas características, a Teoria do Caos complementa e é complementada por outras idéias como o Paradigma da Complexidade e a Teoria Sistêmica. As três compõem uma nova forma de olhar para os sistemas complexos. Longe de serem campos estanques, têm fronteiras mal definidas e grandes interfaces, compondo um novo arcabouço de idéias para o estudo de sistemas e organizações.

Surgida no início dos anos 60, a Teoria do Caos conheceu altos e baixos. “*Felizmente as idéias não obedecem a um toque de recolher ... a natureza do fenômeno emergente força um retorno para recuperar fragmentos de idéias aparentemente esquecidas ou cujos significados não fossem perceptíveis à época de sua concepção*” (ref. 063). O próprio corpo central da Teoria, no conjunto de suas aplicações nas ciências naturais, só se popularizou com o desenvolvimento dos computadores. Paralelamente, a globalização da economia, as instabilidades nos mercados financeiros e o “parto forçado” de novas maneiras de conceber a ação gerencial veio interagir com a Teoria e produzir novos frutos.

Longe de ser suficiente para a compreensão da Teoria, a definição anterior é apenas um ponto de partida

para o entendimento deste novo campo da ciência. O princípio norteador desta pesquisa é tentar montar um retrato a partir de diferentes possibilidades de aplicação em áreas ligadas à administração. O trabalho está estruturado da seguinte forma: na introdução será feita uma breve discussão sobre a evolução do conhecimento científico a partir das idéias de Thomas Kuhn. Em seguida será traçado um histórico do surgimento da Teoria do Caos e discutida a questão da modelação; as seções seguintes tratarão das diversas possibilidades de aplicação dos conceitos e idéias da Teoria a temas relacionados a Finanças, Economia e Teorias Gerenciais. Finalmente, como conclusão, será feita uma síntese.

Cabe também mencionar algumas limitações e dificuldades desta pesquisa. A primeira é a novidade do tema em sua associação a assuntos relacionados à Administração. Isto não se reflete propriamente na quantidade de referências disponíveis, em número até razoável, mas no tipo de tratamento. A grande maioria destas referências tem caráter exploratório, terminando frequentemente com questões em aberto e indicações de novos rumos de trabalho. Não existem, em geral, conclusões fechadas. Por outro lado, são quase regra as visões críticas dos modos interpretativos e cognitivos atuais. Todas estas características, antes de serem vistas como virtudes ou defeitos, devem ser consideradas próprias de um campo ainda em gestação. A novidade do tema também dificulta o estabelecimento de visões contrapostas, que sempre podem enriquecer o leitor com possibilidades alternativas de interpretação. A regra, nesta pesquisa, foi a simples contraposição da "visão caótica" à "visão determinista" usual.

INTRODUÇÃO

Na apresentação foi citado este "princípio de Lavoisier" das idéias que é o constante aflorar e submergir de conceitos em função de momentos e conjunturas. Além da Teoria do Caos, um outro excelente exemplo desta desobediência ao toque de recolher são as idéias do físico Thomas Kuhn, expressas no livro *História das Revoluções Científicas* (ref. 008). Editado pela primeira vez há mais de 20 anos, ele foi (re)descoberto recentemente por consultores e administradores preocupados com as mudanças nas organizações. Mas a razão de sua inclusão nesta introdução não é este paralelismo mas seu conteúdo, voltado para a compreensão dos movimentos impulsioneiros e restritivos à adoção de novos conceitos e idéias.

Kuhn utiliza o conceito de paradigma para questionar o enfoque tradicional de progresso científico. Dentro deste enfoque a ciência está em estado de evolução contínua, gradual e linear. Cada cientista supõe implícita ou explicitamente que o paradigma no qual desenvolve seu trabalho é válido e correto. Este lhe fornece

um marco de referência e a justificação para o que crê, diz e faz. A própria definição do que seja progresso científico faz parte do paradigma. Por isso, discrepâncias entre paradigmas não podem ser resolvidas racionalmente, requerem perspectiva divina. Kuhn vê a pesquisa formal como uma tentativa de impor à natureza esquemas lógicos de interpretação. Parte-se do pressuposto que uma comunidade científica sabe como é o mundo. Para ele, ao contrário, o verdadeiro progresso científico é descontínuo e só se produz quando um paradigma é substituído por outro sem ligação com o primeiro. É a revolução. O processo de substituição de paradigma tem início quando já não se consegue explicações satisfatórias para os fenômenos. Este sentimento de disfunção é essencial à crise. Então novas teorias surgem e vão influenciar trabalhos e competências já estabelecidos. Vale lembrar que estas novas teorias são um conjunto de obras inacabadas mescladas com boas idéias e, não raro, uma boa dose de ingenuidade e até oportunismo. Estas novas idéias vão proporcionar aos cientistas uma nova visão de mundo. O processo de substituição se dá na mente de um ou poucos indivíduos, que geralmente estão pouco comprometidos com as práticas anteriores e concentrados em problemas que provocam crises. A continuidade deste processo e a consolidação do novo paradigma requer certa dose de fé pois, além da resistência natural apresentada pela visão vigente, o novo paradigma é, no nascedouro, ainda pouco consistente e incapaz de dar resposta a muitas questões.

As idéias de Kuhn constituem um pano de fundo ideal para entender o choque e o salto proporcionados pela Teoria do Caos sobre áreas tão díspares quanto a meteorologia e o mercado de ações, a neurologia e as taxas de câmbio.

BORBOLETAS E SUPERCOMPUTADORES – UMA BREVE HISTÓRIA DO CAOS

Borman (ref. 044) define sistemas caóticos como aqueles que apresentam irregularidades e extrema sensibilidade às condições iniciais. Parecem completamente randômicos, mas são essencialmente deterministas. Isto é, podem ser descritos por equações matemáticas normalmente simples. Porém, se não se conhece as condições iniciais, é inviável prever o que vai acontecer. E conhecer as condições iniciais é geralmente impossível.

Alguns autores classificam o nome Teoria do Caos de infeliz, pois caos significa justamente a ausência de ordem. Na verdade, poderíamos melhor qualificá-lo de provocativo, uma resposta a uma tendência determinista da ciência. Ao mesmo tempo que a Teoria do Caos desvenda os mistérios do comportamento de certos sistemas gerados por equações simples e, por isso, intrinsecamente deterministas, destrói o

mito da previsibilidade e controlabilidade que nutre os pressupostos e norteia os esforços da ciência tradicional.

O mesmo Borman aponta a primeira referência histórica do tema ao matemático francês Jules-Henri Poincaré (1854-1942), que notou a existência de comportamentos mais complexos que os simples movimentos periódicos. Isto em pleno reinado da dinâmica newtoniana.

Um referencial importante na literatura de divulgação da Teoria do Caos é sem dúvida o trabalho de James Gleick (ref. 010). Jornalista do *New York Times*, Gleick publicou em 1987 um livro que viria a tornar-se *best-seller* em todo o mundo. O autor conta a história do surgimento da Teoria do Caos simultaneamente nos vários campos científicos, ressaltando esta sua característica de interdisciplinaridade espontânea. Ele descreve os primeiros passos da Teoria como um misto de poesia e encantamento. Explora de forma simpática o estereótipo do cientista louco procurando respostas para questões impossíveis como a dinâmica das quedas d'água e da formação de nuvens.

O primeiro e mais famoso marco da Teoria está nos estudos do meteorologista Edward Lorenz, do MIT. Trabalhando, no início da década de 60, sobre simulações, em computadores, de modelos de previsão de tempo, Lorenz, ao repetir uma série de cálculos, inadvertidamente modificou o número de casas decimais no programa. Após alguns instantes, os gráficos gerados tomaram comportamentos completamente diferentes dos anteriores. Comprovou-se, assim, a enorme sensibilidade do sistema às condições iniciais. Esta descoberta colocou em cheque o princípio de causa e efeito, pelo qual estes dois eventos seriam dependentes em magnitude. Como o sistema montado por Lorenz era não linear, pequenas causas poderiam gerar grandes efeitos. Surgiu daí a popular frase de que uma borboleta batendo asas no Brasil poderia provocar um tornado no Texas, em realidade título de um trabalho de Lorenz.

Robert May (ref. 117), um biólogo da Princeton University, descobriu, nos anos 70, um modelo matemático simples para a dinâmica da população de insetos usando apenas duas variáveis: taxa de reprodução e supri-

“
Caos, na cosmogonia egípcia, é uma energia poderosa do mundo informe e não ordenado, que cinge a criação ordenada, como o oceano circula a terra.
Existia antes da criação e coexiste com o mundo formal, envolvendo-o como uma imensa e inexaurível reserva de energias, nas quais se dissolverão as formas nos fins dos tempos.

J. S. Brandão

mento de alimento. O modelo, comprovado na prática, revelava comportamentos complexos e ciclos regulares. Mitchell Feigenbaum, um físico do Laboratório Nacional de Los Alamos, conseguiu demonstrar que a fórmula de May era genérica e poderia ser aplicada a muitos fenômenos na natureza.

Outro nome importante no desenvolvimento da Teoria do Caos é o do pesquisador Benoit Mandelbrot, da IBM. Seu trabalho foi voltado para a geometria fractal – vide glossário –, que lida com objetos que têm como característica comum a propriedade de, não importa quão ampliadas sejam suas imagens, os novos detalhes aparecerem na mesma escala da figura anterior. O que chama a atenção nestas figuras, geradas em computador a partir de fórmulas matemáticas, é a sua semelhança com imagens encontradas na natureza como folhas de árvores, cristais, vales e montanhas.

Todas estas descobertas colocaram em cheque a ciência baseada em relações simples de causalidade, que ignorava as regiões turbulentas do mundo real, dando origem a um novo campo científico. A Teoria do Caos, desde então, vem rompendo fronteiras entre disciplinas, reunindo pensadores de campos separados e revertendo a tendência de dissecação e compartimentagem da ciência.

MODELAR OU NÃO MODELAR, EIS A QUESTÃO

Uma idéia central na Teoria do Caos é a da modelagem, a capacidade de um corpo de idéias de servir de ferramenta para a simulação e o estudo de sistemas.

Simon (ref. 087) realizou uma interessante síntese sobre esta questão a partir das possibilidades abertas pela Teoria do Caos. O autor parte do princípio que o mundo é mais complexo que qualquer modelo e que a natureza é capaz de gerar comportamentos e dinâmicas mais ricas que a capacidade de apreensão de conjuntos de equações. Mas isto, por si só, não inviabiliza o uso de modelos. Quando os utilizamos, precisamos separar o essencial do dispensável para, assim, capturar um quadro simplificado que permita inferências razoavelmente seguras. A idéia é balancear a possibilidade de simplificação com a utilidade relativa de um

sistema simplificado. Mesmo um sistema muito complexo pode ser modelado de forma que algumas conclusões importantes possam ser tiradas. Simon crê que, se a linearidade domina a cena da modelação, a razão não é que a realidade dos sistemas possa ser representada por equações lineares, mas a limitada capacidade de tratamento de sistemas não lineares. Em realidade, poucos casos de sistemas não lineares podem ser tratados por computador mas, com condições de contorno apropriadas, elas podem cobrir grande parte das situações.

Quando modelamos, se estamos interessados no comportamento dinâmico, existem três hipóteses: queremos ou prever o futuro a partir de condições iniciais, ou saber se existem posições estáveis de equilíbrio, ou verificar os resultados de intervenções voluntárias.

Ao modelarmos um sistema, as seguintes questões precisam ser analisadas:

1. analisar em que grau precisamos de detalhes temporais;
2. verificar em que nível o conhecimento dos passos temporais pode ser substituído por informações do estado estacionário;
3. averiguar a possibilidade de uso de propriedades hierárquicas dos sistemas para simplificar o modelo;
4. analisar a adequação de substituição de modelos numéricos por modelos simbólicos e vice-versa.

Duas questões essenciais na modelação são a predição e a prescrição. Elas refletem nosso grande fascínio pela possibilidade de prever o futuro ou nele interferir conscientemente. A Teoria do Caos não apresenta soluções para o problema da previsão mas mostra os limites à sua tratabilidade. Por outro lado, embora não auxilie o conhecimento dos passos de um sistema em detalhe, ajuda a separar os períodos de equilíbrio estável e instável. Já quando os modelos servem a uma estratégia de intervenção, a questão desloca-se da previsão para a prescrição. Também neste caso, nem sempre interessa a evolução contínua do sistema, e sim ordens de grandeza relacionadas ao seu macrocomportamento. Isto pode simplificar bastante os cálculos.

A Teoria do Caos tem demonstrado que sistemas de grande interesse e tão díspares como a economia ou o cérebro humano são caóticos em sua essência. Esclarecendo os mecanismos por trás destes comportamentos, ela ilumina a compreensão das suas dinâmicas. A Teoria traz novas perspectivas para a modelação de sistemas não lineares, que constituem regra no mundo real. Embora por hora esta luz seja apenas uma nova maneira de olhar a realidade, este salto não pode ser menosprezado. O trabalho que se coloca é o da redefi-

nição das perguntas, para que os esforços sejam orientados para a procura das respostas certas. Resta ainda um longo caminho a ser trilhado.

POR UM PUNHADO DE DÓLARES – AS APLICAÇÕES FINANCEIRAS

O número de artigos sobre aplicações financeiras baseadas na Teoria do Caos supera em muito o de todos os outros temas. Os profissionais da área, não por acaso, estão sempre a procura da pedra de toque da fortuna e do sucesso. Também não por acaso, é nesta área que encontram-se as utilizações mais “pretensiosas” ou “otimistas” da Teoria. Um bom número de consultores e analistas se encantou com as idéias relacionadas à Teoria do Caos. Eles criaram e passaram a vender pacotes de análise de ações e outros títulos capazes de nada mais nada menos que prever o futuro. Mas, julgar o campo por estas distorções não seria justo.

O ponto central nos trabalhos relacionando Teoria do Caos e Finanças é o seguinte: o evangelho que o mercado de ações segue padrões randômicos deve ser questionado. Vale a pena fazer um breve retrospecto. Na década de 60, acadêmicos ligados à área de Finanças, após árduas discussões, chegaram à conclusão que as flutuações no mercado eram comandadas por processos puramente randômicos. A partir daí, foi gerado um grande número de modelos baseados na chamada “Hipótese de Mercado Eficiente”, que se firma no acesso nivelado de informações aos agentes financeiros. O *crash* da bolsa de 1987 e outras instabilidades lançaram dúvidas sobre este paradigma. Estudos recentes têm levado em conta as relações não lineares entre as variáveis financeiras e os complexos mecanismos de retroalimentação do sistema. Segundo estes estudos, as séries temporais de valores de ações têm componentes tanto deterministas – gerados por leis caóticas vindas da infra-estrutura do mercado – quanto componentes randômicos, ligados à constante chegada de informações aos agentes.

Hsieh (ref. 054) realizou estudo sobre a presença de Caos e elementos de dinâmica não linear nos mercados financeiros. O autor utilizou um rol de ferramentas estatísticas concluindo que a hipótese de comportamento randômico deve ser rejeitada. Por outro lado, não se comprovou a existência de leis de Caos, embora fossem identificados elementos de não linearidade.

Peters (ref. 060) estudou a existência de um atrator caótico – vide glossário – para o índice S&P 500, utilizado nos Estados Unidos. O autor descobriu que o índice tem ciclos não periódicos governados por estes atratores. As conclusões são as seguintes: primeiro, o mercado de ações tem ciclos e tendências; segundo, uma pequena mudança num indicador pode levar a grandes impactos no mercado no futuro; e, terceiro,

quanto mais se avança no tempo, menos confiáveis tornam-se as previsões.

Analisando o mercado de ações e, em particular, também o índice S&P 500, Laing (ref. 057) conclui que o valor da Teoria do Caos não é a capacidade de previsão, mas a possibilidade de melhor entender a complexidade do sistema. Savit (ref. 103), contrapondo-se parcialmente a esta posição, acredita que muitas seqüências de dados financeiros podem ser melhor compreendidas com técnicas de análise não linear, inclusive Teoria do Caos, e que estas técnicas podem melhorar as previsões de curto prazo e as estratégias de análise de investimento.

Larrain (ref. 058) analisa a evolução dos preços de ações, ora contínua, ora explosiva, e advoga que a questão maior para os teóricos e matemáticos do Caos é determinar se há um modelo particular pelo qual os sistemas dirigem-se à desordem e à turbulência. Ele considera que a dinâmica não linear em geral e a Teoria do Caos, especificamente, são importantes para a análise financeira. As razões são as seguintes: primeiro, mostram que os preços futuros dependem tanto dos preços passados como de fatores econômicos; segundo, colocam em cheque as premissas de comportamento randômico do mercado; terceiro, a não linearidade praticamente descarta as previsões de longo prazo, embora admita as de curto prazo; e quarto, demonstram que, paradoxalmente, o mercado segue para a desordem de forma ordenada. O autor estudou o comportamento de títulos do tesouro norte-americano, concluindo que a idéia de Caos não é a única resposta para a volatilidade dos mercados financeiros, mas também não pode ser descartada. O trabalho sugere que, na prática, coexistem estruturas não lineares – capazes de bifurcações periódicas e comportamento violento – com estruturas macroeconômicas bem comportadas.

Blank (ref. 043) realizou estudo semelhante sobre o mercado de *comodities*. Para ele, os modelos lineares não funcionam bem por não capturar a realidade das interações e a natureza dos processos envolvidos. A dinâmica não linear e a Teoria do Caos agregam valor à compreensão destes processos. Com base no pressuposto que ao menos parte do processo é não linear, analistas poderiam avaliar se existe determinismo ou

não. Na prática, porém, é difícil separar processos deterministas e estocásticos devido a própria natureza dos dados econômicos.

O campo financeiro, com seus pesquisadores sérios, mas também com seus oportunistas e céticos, tem se mostrado um receptáculo amigável à Teoria do Caos. Muitos desenvolvimentos matemáticos da Teoria podem ser creditados aos estudos voltados para o comportamento de ações e outros títulos financeiros. Mas, embora este desenvolvimento tenha sido considerável, as respostas desejadas pelos analistas financeiros não foram ainda geradas. A Teoria do Caos, quando aplicada a este campo, revela-se muito mais uma forma de colocar em cheque as teorias existentes e lançar um novo olhar sobre a realidade que uma ferramenta de previsão. Os esforços nesta direção, entretanto, continuam.

CAOS, KEYNESIANISMO E MONETARISMO

Ao contrário do campo financeiro, onde as tentativas de aplicação da matemática do Caos são regra, as referências relacionadas às Ciências Econômicas são mais voltadas aos aspectos conceituais e à questão da nova forma de olhar para os sistemas complexos. Mirowski (ref. 079) e Routh (ref. 102) fazem uma análise bastante crítica dos rumos atuais das Ciências Econômicas, utilizando algumas idéias básicas da Teoria do Caos como alternativa válida para uma reformulação conceitual. Curiosamente, Meller (ref. 111) segue a mesma trilha, ainda que não mencione a Teoria do Caos. A conclusão é que o aparente movimento de reconceitualização e reformulação do papel da Economia e o campo representado pela Teoria do Caos são fenômenos paralelos, que alimentam-se da mesma fonte e, potencialmente, um do outro.

Começemos por Meller. Para o autor, num período recente, muitos países têm enfrentado uma variada gama de problemas econômicos. Soluções diferentes, marcadas ora pelo monetarismo, ora pelo keynesianismo, têm sido tentadas sem sucesso. O surgimento de modas e bruxos terminou por configurar uma situação de crise e, por consequência, um convite à reflexão. Meller crê que a Economia não é um sistema unificado e coerente de idéias, mas sim uma coleção de teorias e

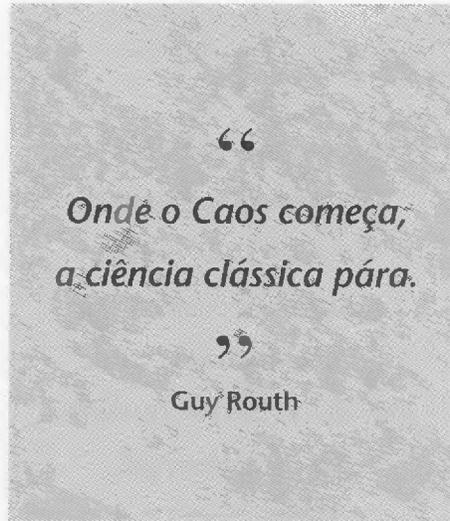
“
**Caos, na tradição chinesa,
 é o espaço homogêneo
 anterior à divisão em
 quatro horizontes, que
 equivale à criação do
 mundo. Esta divisão marca
 a passagem ao
 diferenciado e a
 possibilidade de
 orientação, constituindo-se
 na base de toda a
 organização do cosmo.**
 ”

J. S. Brandão

modelos. Ocorre que as correntes hoje dominantes são fruto do conhecimento científico do século XIX, da lógica cartesiana, do racionalismo, da física newtoniana e do operacionalismo. Os modelos econômicos existentes são abstratos e em geral marcados por uma matemática sofisticada. Mas é difícil representar algebricamente o comportamento dos homens e de suas instituições. Meller pensa que o verdadeiro economista deve ser também político, historiador e filósofo. Ele considera absolutamente natural que existam diferenças entre diagnósticos e estratégias de ação entre economistas. O objeto da análise econômica são a sociedade e os agentes econômicos, que estão em constante mutação. Princípios válidos num dado momento podem tornar-se anacrônicos no momento seguinte. O autor posta-se contra o uso das Ciências Econômicas para predição e controle e advoga que sua real função é entender e avaliar o contexto histórico e atual e apenas orientar previsões. Nada mais próximo da Teoria do Caos.

Mirowski segue a mesma trilha de Meller, agregando informações sobre o trabalho de cientistas do Caos como Mandelbrot, Grandmont e Brook. Também para ele a Economia ainda guarda influências da física do século XIX, influências que ajudaram a legitimar seu discurso científico, mas que a tornaram tão limitada quanto a própria física newtoniana. Mas, enquanto a física sofreu mudanças profundas, a Economia continuou evoluindo dentro do mesmo paradigma. O autor considera que os economistas tendem a ver a Teoria do Caos apenas como uma matemática sofisticada, sem atentar para a quebra de paradigma que ela representa. O Caos torna a teoria neoclássica sem sentido. A teoria neoclássica existe para retratar o determinismo. A Teoria do Caos, por outro lado, revela uma simbiose entre fenômenos deterministas e aleatórios.

Routh, também seguindo o caminho dos anteriores, condena o determinismo inconcludente das Ciências Econômicas por não considerar elementos essenciais como comportamentos e história. Como Mirowski, Routh crê que os economistas procuravam a "verdade científica" e a certeza por que estas eram requisito da ciência do século XIX. O autor também critica o conceito de equilíbrio e cita Stuart Mill: "No lugar de ordem, igualdade, perfeita organização com postulados ortodoxos, o mundo comercial é ... de obscuridade, confusão, com perdas e destruição, e nem sempre o mais adequado sobrevive". Problemas econômicos são marcados por mudanças, crescimento, retrocesso e flutuação. Routh crê que o grande passo para a Economia é abandonar



os modelos baseados no equilíbrio e tentar avançar a compreensão sobre as discontinuidades e as turbulências.

Completando o ciclo crítico, Fushfeld (ref. 073) considera a Economia moderna como uma grande teologia naturalista que, ao mesmo tempo, explica o que é o mundo social e prova por que ele é bom; uma síntese de ciência positivista com valores normativos. Para ele a visão de mundo racional e ordenado não pode mais ser sustentada. O pressuposto de homem como otimizador racional desmorona, levando uma insustentável micro-racionalidade a uma macro-irracionalidade. Consequência: o equilíbrio Walrasiano cede vez ao Caos.

Butler (ref. 066) segue uma linha parcialmente similar à de Routh. Ele acredita nas possibilidades da Teoria do Caos para explicar comportamentos cíclicos e erráticos na economia. Seu foco de atenção é voltado para as possibilidades de uso da modelação dinâmica na identificação de não linearidades e Caos. O autor discorre sobre as várias maneiras de modelar eventos econômicos e suas limitações. Para ele, os economistas estão caminhando no sentido de incluir o Caos nos seus modelos, mas há ainda pouca discussão sobre a utilidade e realismo destes conceitos quando aplicados aos fenômenos econômicos.

Aczel e Josephy (ref. 042) estudaram as variações das taxas de câmbio de cinco países, utilizando elementos da matemática do Caos. Eles procuraram caracterizar, através de correlações de dimensão – que são parte da geometria fractal – o grau em que estas taxas têm comportamento caótico. O estudo atestou a utilidade prática deste recurso como detector de mudanças em séries de tempo sem que se precise recorrer ao uso de ferramentas econométricas.

Trabalhando sobre um modelo macroeconômico com dois setores, Serman (ref. 104) mostra como o processo decisório pode produzir Caos. Sua intenção última, entretanto, é demonstrar a viabilidade, utilidade e até necessidade da incorporação dos conceitos de Caos à Teoria Econômica, especialmente nos processos de otimização. Num mundo cujo espaço de adequação contém muitos ótimos locais, uma regra decisória que produz Caos e que explore constantemente novos caminhos pode levar um sistema a evoluir mais rápido que uma estratégia decisória estável e incremental.

Pode-se dizer que, por várias vias, muitos economistas têm se aberto às idéias da Teoria do Caos. Os modelos econômicos tradicionais retratam a economia como essencialmente estável, somente flutuando em

torno de alguns pontos de equilíbrio por causa de eventos externos. Os novos modelos, entretanto, mostram a Economia como inerentemente variável, sensível a mudanças e difícil de controlar. Na análise econômica, nem sempre as variáveis apresentam a mesma identidade ao longo do período considerado. Isto torna a análise complicadíssima. De qualquer forma, a possibilidade de compreensão dos ciclos econômicos através dos conceitos de Caos podem vir a ser um grande vetor de contribuição na superação dos impasses hoje vividos.

UM NOVO GERENCIAMENTO CIENTÍFICO?

Vivemos, no campo dos modelos administrativos e gerenciais, um período de ruptura. E a maneira mais usual de caracterizar esta ruptura tem sido explorar o esgotamento do modelo taylorista-fordista e o aparecimento de modelos de especialização flexível, baseados em conceitos de sistemas abertos e cibernética. Neste contexto de transformação permeada por crises de impacto econômico e social e por mudanças geopolíticas globais, a Teoria do Caos também encontrou um campo fértil. A idéia de complexidade e caos ambiental, impondo configurações internas igualmente instáveis e caóticas, tem um apelo irresistível para as organizações assoladas por crises e procurando decifrá-las para sobreviver.

Até o momento não é possível avaliar se seria este um casamento de conveniência entre teoria e prática e se teria ele seus dias contados. Pode-se dizer, entretanto, que esta união tem ajudado a superar a herança do Modelo do Gerenciamento Científico e a ilusão de equilíbrio e estabilidade como estado natural.

Para Nonaka (ref. 107) o Gerenciamento Científico – com o ordenamento do trabalho via estudos de tempos e movimentos, divisão de tarefas e existência de hierarquias e cargos claros e bem definidos – é alicerçado na premissa do limite da capacidade humana para processar informações. Os novos modelos, por outro lado, enfatizam o papel do caos e da ambigüidade. *“Só um sistema caótico pode adequar-se a um meio caótico ... Para uma organização se renovar, ela deve se considerar em não equilíbrio o tempo todo”*. O autor explica como, num sistema, os elementos flutuam, interagindo entre si e sofrendo ciclos de *feed-back*. Os sistemas auto-organizados criam ordem reagindo seletivamente às informações do meio ambiente. Nonaka estabelece algumas regras ou princípios de como uma organização pode criar, amplificar e administrar o caos. A mensagem é clara: a renovação é uma questão de sobrevivência e exige dissolução da ordem. É preciso, portanto, negar modelos de equilíbrio e advogar o novo paradigma da auto-organização.

Freedman (ref. 031) propõe um Novo Gerenciamento Científico, o Gerenciamento do Caos. Na mesma li-

nha de Nonaka, ele cita exemplos de sistemas biológicos auto-organizados explicando seu funcionamento. A analogia com sistemas organizacionais é óbvia. Na prática, estes sistemas têm uma capacidade tal de mudança que não é mais possível falar em otimização ou em agentes de otimização. Eles são, em verdade, caracterizados por uma novidade perpétua. Para o autor, os gerentes acham que entendem as relações causa-efeito na organização mas, de fato, as ligações entre causa e efeito são muito complicadas e nem sempre possíveis de se demonstrar. Freedman crê que as chaves de sucesso das novas organizações são a capacidade de aprendizado e o pensamento sistêmico – a arte de ver, através da complexidade, as estruturas e mecanismos que geram mudanças. Assim como a Teoria do Caos ensina que pequenas mudanças podem causar grandes efeitos, a Teoria Sistêmica mostra que uma pequena ação num ponto ótimo pode produzir melhorias significativas.

Kiel (ref. 097), tomando por base o trabalho de Prigogine e Stengers (ref. 006, 002) decreta a falência do paradigma newtoniano, de um mundo de ordem e estabilidade, do qual a mudança não faz parte. Propõe, em seu lugar, um novo paradigma, que englobe as características do mundo atual de mudança acelerada, desordem, instabilidade e não equilíbrio. Prigogine, prêmio Nobel de Química pelo estudo da termodinâmica de sistemas afastados do equilíbrio, descobriu que estes sistemas alternam períodos de comportamento previsível com outros de instabilidade. Nestes últimos, perturbações e flutuações, num contexto de relações não lineares, levam ao rompimento de simetrias e estados de equilíbrio, potencialmente conduzindo o sistema a patamares de organização mais elevados. Reafirma-se, mais uma vez, a premissa que instabilidade e caos são essenciais à evolução.

Bygrave (ref. 092) mostra como o Caos fornece uma metáfora útil para a compreensão dos processos de criação de novos empreendimentos. O autor dissecou estes processos, concluindo que eles são marcados por turbulências e instabilidades. Ele aconselha que os estudantes de administração sejam acostumados a equações não lineares para desenvolver a intuição e fazer um contraponto ao pensamento reducionista, linear e incremental que permeia a maioria dos cursos de negócios.

Priesmeyer e Baik (ref. 101) focaram sua atenção na observação de variáveis de *performance* de algumas empresas e na possibilidade de identificação de ciclos caóticos fundados em não-linearidades. Os autores contrapõem estes ciclos, próprios das organizações e seu meio ambiente, aos ciclos temporais – mês, trimestre, ano – normalmente utilizados nos sistemas de planejamento, concluindo que o processo decisório pode ser enriquecido com esta nova visão.

No conjunto, os autores que se aventuraram a estudar as implicações da Teoria do Caos nos modelos ge-

renciais consideram que esta representa uma nova luz sobre fenômenos já de algum tempo observados mas não se constitui, de forma alguma, numa teoria pronta. Muito pelo contrário, trata-se de um campo ainda em aberto e ávido por novas explorações.

CONCLUSÃO

Cabe agora realizar uma pequena síntese dos aspectos principais vistos ao longo deste texto. Na introdução procurou-se mostrar como a Teoria do Caos pode significar uma importante quebra de paradigma na evolução do pensamento científico. Em seguida, foi abordada a questão da modelação. Enfocou-se as limitações dos modelos lineares estáticos – os mais comuns e utilizados – e as possibilidades de uso de modelos não lineares dinâmicos – mais próximos da realidade – com condições de contorno apropriadas.

A seção seguinte tratou das tentativas de aplicação de princípios da Teoria do Caos em Finanças. Viu-se como a matemática do Caos tem atraído a atenção de analistas e acadêmicos sem, entretanto, ter ainda gerado respostas a altura das expectativas existentes. Por outro lado, pode-se verificar a utilidade da Teoria no questionamento dos modelos vigentes e na compreensão da intrincada lógica dos mercados.

Em seguida foram vistas as aplicações em Economia. Notamos como esta passa por uma crise, resultante do choque de seus pressupostos básicos com sua capacidade instrumental. A Teoria do Caos pode ser usada como rota para o requestionamento destes pressupostos.

A última seção foi dedicada aos Modelos Gerenciais. Mostrou-se como vivemos num período de transição turbulenta, marcado pela superação das premissas básicas do Modelo de Gerenciamento Científico. Neste contexto, a Teoria do Caos corre em paralelo com outras correntes de idéias na construção de novos modelos para entender e gerenciar as organizações.

Foi construído, assim, um retrato, ainda parcial e propositadamente sem retoques, das aplicações e possibilidades da Teoria do Caos relacionadas aos campos ligados à Administração. Ao olhar este retrato, a primeira imagem que notamos é a da negação de toda a pesada herança determinista e sua influência sobre nossas vidas e maneira de ver o mundo. E não é pouco. A Teoria do Caos coloca em cheque a própria possibilidade da ciência de identificar ou formular leis, a ilusão de um mundo racional e controlável.

Não deve ser surpreendente que o conceito de Caos e suas idéias associadas estejam ganhando contorno e *status* de campo científico. O surpreendente é que isto só agora esteja acontecendo. Especialmente a partir do século XIX, a ciência tem sido marcada pela busca da compreensão algorítmica e da possibilidade de generalização, pela compartimentagem e pela superespecialização. Mas nem sempre foi assim. A racionalidade já foi outra, refletindo uma visão de mundo muito diferente. A Teogonia de Hesíodo, por exemplo, revela um mundo onde os eventos são percebidos como manifestações divinas. Foram os pioneiros da revolução científica que desejaram eliminar os componentes teológicos e religiosos que a ciência medieval havia colocado como centrais alguns séculos antes. Onde a ciência medieval acoplava à explicação dos fenômenos idéias de propósito e valores morais, a nova ciência procurou desenvolver explicações observáveis e verificáveis via causa e efeito (ref. 073).

Mas muitos domínios, especialmente aqueles ligados à pesquisa social, vivem hoje uma era de introspecção epistemológica, principalmente pela frustração causada pelo até então válido positivismo aplicado à pesquisa (ref. 070). Embora este processo ainda não tenha gerado um paradigma alternativo definitivo, uma crescente ênfase em idéias sistêmicas – e conceitos de Caos – é constatada implícita ou explicitamente.

GLOSSÁRIO

* adaptado de Larrain (ref. 058) e Peters (ref. 060).

◆ **Sistemas Deterministas:** sistemas nos quais o comportamento é determinado por uma equação ou um conjunto de equações, envolvendo um pequeno grupo de variáveis. Sistemas deterministas são previsíveis.

◆ **Sistemas Não Lineares Dinâmicos:** sistemas nos quais o comportamento pode ser traduzido por relações exponenciais. Eles podem evoluir de comportamentos deterministas bem definidos para resultados crescentemente complexos e irregulares. O adjetivo dinâmico vem do fato do valor presente do sistema ser uma transformação do valor passado. Sistemas Caóticos são sempre não lineares dinâmicos. O inverso não é verdadeiro.

◆ **Caos, Sistemas Caóticos:** termo relacionado a comportamentos irregulares e complexos que aparentam ser randômicos mas na verdade possuem uma ordem matemática subjacente. Suas características essenciais são as seguintes: comportamentos parcialmente traduzidos por equações não lineares; possibilidades de pequenos *inputs* gerarem grandes efeitos; existência de ciclos e padrões; e imprevisibilidade, principalmente a médio e longo prazos.

◆ **Atrator:** é o ponto ou nível ao qual um sistema retorna quando os efeitos de perturbações externas cessam.

◆ **Atrator Caótico:** um sistema caótico converge para um conjunto de possíveis valores. Este conjunto é infinito em número mas limitado em amplitudes. Atratores caóticos são não periódicos.

◆ **Fractais:** medem a irregularidade de linhas ou curvas, planos e volumes. Uma linha reta tem dimensão 1.00, um quadrado 2.00 e um cubo 3.00. A linha costeira pode ter dimensões entre 1.15 e 1.25; índices do mercado de ações podem ter dimensões entre 1.30 e 1.40. A Geometria Fractal tem aplicações práticas na identificação de padrões deterministas em sistemas.

Para Prigogine e Stengers (ref. 006) a metáfora usual para a evolução da ciência é a da evolução das espécies, uma arborescência de disciplinas cada vez mais diversas e especializadas, um progresso irreversível e unidirecional. Eles propõem no lugar desta imagem uma metáfora geológica, na qual a ordem das coisas é marcada mais por deslizamentos que por mutação. Questões abandonadas ou negadas por uma disciplina passam silenciosamente a outras ou reaparecem em outros con-

textos teóricos. O percurso às vezes é superficial, às vezes subterrâneo. Da intersecção de disciplinas surgem e ressurgem questões antes compartimentadas pela divisão entre disciplinas. A história do conhecimento é uma história dramática de ambições frustradas, idéias que malogram, realizações desviadas do sentido que deveriam perseguir, é também uma história de sucessos inesperados, descobertas surpreendentes e casamentos felizes. É, enfim, uma história de CAOS.

CHAOS IN SCIENCE

Referências Bibliográficas

■ **Heraldo Vasconcellos** - Bibliotecário, Chefe do Serviço de Documentação da Biblioteca Karl A. Boedecker da EAESP/FGV.

OBSERVAÇÕES: A pesquisa foi realizada no acervo da Biblioteca da EAESP/FGV, as referências foram organizadas por categorias (livros e periódicos) e em cada um destes por ordem alfabética, dentro de cada ano de publicação (os anos aparecem em ordem cronológica decrescente). As referências precedidas de asterisco estão disponíveis no acervo da Biblioteca.

LIVROS

1992

001. *PRIESMEYER, H. Richard. *Organizations and chaos: defining the methods of nonlinear management*. Westport : Quorum Books, 1992. 253 p.

002. PRIGOGINE, Ilya, STENGERS, Isabelle. *Entre o tempo e a eternidade*. São Paulo : Schwarcz, 1992. 226 p.

003. WALDROP, M. Mitchell. *Complexity: life at the edge of chaos*. New York : Simon & Schuster, 1992.

1991

004. *BROCK, William A., HSIEH, David A., LeBARON, Blake. *Nonlinear dynamics, chaos, and instability: statistical theory and economic evidence*. Cambridge : The MIT Press, 1991. 328 p.

005. *PETERS, Edgar E. *Chaos and order in the capital markets: a new view of cycles, prices and market volatility*. New York : Wiley, 1991. 240 p.

006. PRIGOGINE, Ilya, STENGERS, Isabelle. *A nova aliança*. Brasília : UNB, 1991. 247 p.

1990

007. *GOODWIN, Richard M. *Chaotic economic dynamics*. New York : Clarendon, 1990. 137 p.

008. KUHN, Thomas S. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo : Perspectiva, 1990. 257 p.

1987

009. BRANDÃO, Junito de Souza. *Mitologia grega*. Petrópolis : Vozes, 1987. v. 1

010. GLEICK, James. *Chaos; making a new science*. New York : Viking, 1987. 352 p.

1986

011. HOLDEN, Arun V. (ed.). *Chaos*. Manchester: Manchester Univ. Press, 1986. 324 p.

1985

012. *PICARD, Pierre. *Theorie du desequilibre et politique economique*. Paris : Economica, 1985. 253 p.

1984

013. KURAMOTO, Y. (ed.). *Chaos and statistical methods; proceeding of the Sixth Kyoto Summer Institute*, Kyoto, Japan, September 12-15, 1983. Berlin : Springer-Verlag, 1984. 273 p.

1978

014. SEIGFRIED, Charlene Haddock. *Chaos and context: a study in William James*. Ohio: Ohio University Press, 1978. 137 p.

015. *STROM, Steinar, WERIN, Lars. *Topics in disequilibrium economics*. London : MacMillan, 1978. 124 p.

1977

016. UNGER, Christopher et al. *Chaos, madness, and unpredictability; placing the child with ears like Uncle Harry's (the Spaulding approach to adoption)*. New York : Chelsea, 1977. 334 p.

017. WELDON, David. *The chaos contract*. London : New English Lib., 1977. 174 p.

PERIÓDICOS

1993

018. *BAILYN, Lotte. Patterned chaos in human resource management. *Sloan Management Review*, Boulder, v. 34, n. 2, p. 77-83, Winter 1993.

019. BORMAN, Stu. First control of chaos in a chemical reaction. *Chemical & Engineering News*, Columbus, v. 71, p. 26-7, Feb. 15 1993.

020. CHAVAS, Jean-Paul, Holt, Matthew T. Market instability and nonlinear dynamics (U.S. dairy industry). *American Journal of Agricultural Economics*, Ames, v. 75, p. 113-20, Feb. 1993.

021. KIEL, L. Douglas. Nonlinear dynamical analysis: assessing systems concepts in a government agency. *Public Administration Review*, Washington, v. 53, n. 2, p. 143-53, Mar./Apr. 1993.

022. LEPKOWSKI, Wil. White House science effort takes shape amid chaos. *Chemical & Engineering News*, Columbus, v. 71, p. 20-1, Mar. 1 1993.

023. *NICHOLS, Nancy A. Efficient? Chaotic? What's the new finance? (review of the literature). *Harvard Business Review*, Boston, v. 71, n. 2, p. 50-3+, Mar./Apr. 1993.

024. *STACEY, Ralph. Strategy as order emerging from chaos. *Long Range Planning*, Oxford, v. 26, n. 1, p. 10-17, Feb. 1993.

025. ON STOP lights, chaos theory and Russia. *Wall Street Journal* (Eastern Edition), New York, p. A17, May 3 1993.

026. WHEATLEY, Margaret J. A quantum vision: chaotic organization must replace the Newtonian Bureaucracy (editorial). *Barron's*, Chicopee, v. 73, p. 12, Mar. 22 1993.

027. *YANG, Seung-Ryong, BRORSEN, B. Wade. Nonlinear dynamics of daily futures prices: conditional heteroskedasticity or chaos? *Journal of Futures Markets*, New York, v. 13, n. 2, p. 175-91, Apr. 1993.

1992

028. *CARRIER, David. A methodology for pattern modeling: nonlinear macroeconomic dynamics. *Journal of Economic Issues*, Lincoln, v. 26, n. 1, p. 221-42, Mar. 1992.

029. COOPER, Tim. Electronic document management. *Technical Communication*, Arlington, v. 39, p. 401-2, Aug. 1992.

030. DE Kerckhove, Derrick. What makes the classics classic in science? *Bulletin of the American Society for Information Science*, Washington, v. 18, n. 3, p. 13-14, Feb./Mar. 1992.

031.* FREEDMAN, David H. Is management still a science? (overview of literature on chaos theory applied to organizations). *Harvard Business Review*, Boston, v. 70, n. 6, p. 26-8+ Nov./Dec. 1992.

032. GORDON, Theodore J. Chaos in social systems (examples from advertising and R&D). *Technological Forecasting and Social Change*, New York, v. 42, p. 1-15, Aug. 1992.

033. LEPKOWSKI, Wil. New Science, engineering indicators report more global in scope. *Chemical & Engineering News*, Washington, v. 70, p. 16-17, Mar. 2 1992.

034.* THE NEW rocket science: welcome to the future of finance (special report). *Business Week*, Hightstown, n. 3279, p. 51+, Nov. 2 1992.

035. PENELLO, Wayne F. Chaos is a strange attractor for traders charting techniques incorporate chaos theory). *Futures*, Cedar Falls, v. 21, p. 32-4, June 1992.

036. SHAPIRO, Stacy. Combating risk management woes: chaos theory may hold some clues (views of consultant R. Brown). *Business Insurance*, Chicago, v. 26, n. 18, p. 41-2, May 4 1992.

037.* TECHNICAL analysis: tilting at chaos (detecting nonlinear trends in currency markets). *The Economist*, New York, v. 324, n. 7772, p. 64, Aug. 15 1992.

038. TOMA, Luigi, GHEORGHE, Eugen. Equilibrium and disorder in human decision-making processes: some methodological aspects within the new paradigm. *Technological Forecasting and Social Change*, New York, v. 41, p. 401-22, June 1992.

039. TVEDE, Lars. What chaos really means in financial markets. *Futures*, Cedar Falls, v. 21, p. 34-6, Jan. 1992.

040. VINTEN, Gerald. Thriving on chaos: the route to management survival. *Management Decision*, Yorkshire, v. 30, n. 8, p. 22-8, 1992.

041.* WEISS, Gary. Chaos hits Wall Street-the theory, that is. *Business Week*, Hightstown, n. 3279, p. 58-60, Nov. 2 1992.

1991

042. ACZEL, Amir D., JOSEPHY, Norman H. The chaotic behavior of foreign exchange rates. *American Economist*, Tuscaloosa, v. 35, p. 16-24, Fall 1991.

043.* BLANK, Steven C. "Chaos" in futures markets? A nonlinear dynamical analysis. *Journal of Futures Markets*, New York, v. 11, n. 6, p. 711-28, Dec. 1991.

044. BORMAN, Stu. Researchers find order, beauty in chaotic chemical systems. *Chemical & Engineering News*, Washington, v. 69, p. 18-20+, Jan. 21 1991.

045.* CARLESON, Lennart. Stochastic behavior of deterministic systems. *Journal of Economic Behavior & Organization*, Netherlands, v. 16, n. 1/2, p. 85-92, July 1991.

046. CARTWRIGHT, T. J. Planning and chaos theory. *Journal of the American Planning Association*, v. 57, n. 1, p. 44-56, Winter 1991.

047. CHAVAS, Jean-Paul, HOLT, Matthew T. On nonlinear dynamics: the case of the pork cycle. *American Journal of Agricultural Economics*, Ames, v. 73, p. 819-28, Aug. 1991.

048. CONFRONTING Soviet space realities (editorial). *Aviation Week & Space Technology*, Hightstown, v. 135, p. 9, Nov. 4 1991.

049.* CRAIG, Steven G., KOHLHASE, Janet E., PAPELL, David H. Chaos theory and microeconomics: an application to model specification and hedonic estimation. *The Review of Economics and Statistics*, Amsterdam, v. 73, n. 2, p. 208-15, May 1991.

050. CROWELL, Richard A., PETERS, Edgar E. Chaos theory weakens efficient market idea. *Pensions & Investments*, Detroit, v. 19, p. 14, June 10 1991.

051.* THE EDGE of ignorance: a survey of science. *The Economist*, New York, v. 318, n. 7694, p. surv 1-18, Feb. 16 1991.

052. GORDON, Theodore J. Notes on forecasting a chaotic series using regression. *Technological Forecasting and Social Change*, New York, v. 39, p. 337-48, July 1991.

053. HANSSON, P. A. Chaos: implications for forecasting. *Futures*, Cedar Falls, v. 23, n. 1, p. 50-58, Jan./Feb. 1991.

054.* HSIEH, David A. Chaos and nonlinear dynamics: application to financial markets. *The Journal of Finance*, New York, v. 46, n. 5, p. 1839-77, Dec. 1991.

055.* JOHNSON, Russell A. Loss of stability and emergence of chaos in dynamical systems. *Journal of Economic Behavior & Organization*, Netherlands, v. 16, n. 1/2, p. 93-113, July 1991.

056. JOHNSTONE, Bob. Modelling the future. *Far Eastern Economic Review*, v. 153, n. 32, p. 70, Aug. 8 1991.

057. LAING, Jonathan R. Efficient chaos: or, things they never taught in business school. *Baron's*, Chicopee, v. 71, p. 12-13, July 29 1991.

058.* LARRAIN, Maurice. Testing chaos and nonlinearities in T-bill rates. *Financial Analysts Journal*, New York, v. 47, n. 5, p. 51-62, Sept./Oct. 1991.

059. MOSIER, Frank E. Welcome to your destiny: six suggestions for new engineers. *Executive Speeches*, Dayton, v. 6, n. 3, p. 24-27, Oct. 1991.

060.* PETERS, Edgar E. A chaotic attractor for the S&P 500. *Financial Analysts Journal*, New York, v. 47, n. 2, p. 55-62+, Mar./Apr. 1991.

061.* SAYERS, Chera L. Statistical inference based upon non-linear science. *European Economic Review*, Netherlands, v. 35, n. 2/3, p. 306-312, Apr. 1991.

062. SHIRREFF, David. The Business guide: Cambridge; degree of enterprise. *Business*, Atlanta, p. 89-99, Feb. 1991.

063.* SPINK, Peter. O resgate da parte. *Revista de Administração*, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 22-31, abr./jun. 1991.

064. STAMBLER, Irwin. Chaos creates a stir in energy-related R&D (chaotic dynamics). *Research & Development*, Denver, v. 33, p. 16, Dec. 1991.

1990

065. BALONIS, Ronald F. Monday memo (radio commentary). *Broadcasting*, Washington, v. 118, p. 25, Feb. 19 1990.

066. BUTLER, Alison. A methodological approach to chaos: are economists missing the point? *Federal Reserve Bank of St. Louis Review*, St. Louis, v. 72, n. 2, p. 36-48, Mar./Apr. 1990.

067. CACIOPPO, John T., TASSUBARY, Louis G. Centenary of William James's Principles of psychology: from the chaos of mental life to the science of psychology (part of a symposium on: Centennial celebration of the principles of psychology). *Personality and Social Psychology Bulletin*, Newbury Park, v. 16, p. 601-11, Dec. 1990.

068.* CHIARELLA, Carl. Briefing. *Euromoney*, London, p. 62-65, Oct. 1990.

069.* CHURBUCK, David. Wanna buy a black box? (chaos analysis for stock price prediction). *Forbes*, New York, v. 145, n. 13, p. 228-9 June 25 1990.

070.* DANEKE, Gregory A. A science of public administration? *Public Administration Review*, Washington, v. 50, n. 3, p. 383-392, May/June 1990.

071. EISENHARDT, Kathleen M., SCHOONHOVEN, Claudia Bird. Organizational growth: linking founding team, strategy, environment, and growth among U.S. semiconductor ventures, 1978-1988. *Administrative Science Quarterly*, Ithaca, v. 35, n. 3, p. 504-529 Sept. 1990.

- 072.** ELAM, Mark J. Puzzling out the post-fordist debate: technology, markets and institutions. *Economic & Industrial Democracy*, London, v. 11, n. 1, p. 9-37, Feb. 1990.
- 073.***FUSFELD, Daniel R. Economics and the determinate world view. *Journal of Economic Issues*, Lincoln, v. 24, n. 2, p. 355-359, June 1990.
- 074.** GOLDSTEIN, Gina. Francis moon: coming to terms with chaos. *Mechanical Engineering*, New York, v. 112, n. 1, p. 40-47, Jan. 1990.
- 075.** GRIFFITH, Victoria, SOUTHWORTH, Henry. Chaos theory (predicting future stock prices). *The Banker*, London, v. 140, p. 51+, Jan. 1990.
- 076.***KENNER, Hugh. In darkest self-similarity. *Byte*, Hightstown, v. 15, n. 6, p. 382-3, June 1990.
- 077.** KUHFITIG, Peter K. F., DAVIS, Thomas W. Predicting the unpredictable. *Cost Engineering*, Morgantown, v. 32, n. 2, p. 7-11, Feb. 1990.
- 078.***McGILL, Bruce K. Return to chaos. *Quality Progress*, Wisconsin, v. 23, n. 11, p. 55-57, Nov. 1990.
- 079.** MIROWSKI, Philip. From Mandelbrot to chaos in economic theory. *Southern Economic Journal*, Chapel Hill, v. 57, p. 289-307, Oct. 1990.
- 080.***ORMEROD, Paul. Futures issues: chaotic systems and neural networks in the planning process. *Long Range Planning*, Oxford, v. 23, n. 6, p. 120-4, Dec. 1990.
- 081.** POE, Richard. Masters of disorder: "Chaos" opens doors to hidden profits. *Success*, New York, v. 37, n. 9, p. 102, Nov. 1990.
- 082.***RADZICKI, Michael J. Institutional dynamics, deterministic chaos, and self-organizing systems. *Journal of Economic Issues*, Lincoln, v. 24, n. 1, p. 57-102, Mar. 1990.
- 083.** RAMSEY, James B., SAYERS, Chera L., ROTHMAN, Philip. The Statistical properties of dimension calculations using small data sets: some economic applications. *International Economic Review*, Philadelphia, v. 31, n. 4, p. 991-1020, Nov. 1990.
- 084.***ROSE, Frank. A new age for business? *Fortune*, New York, v. 122, n. 9, p. 80-6, Oct 8 1990.
- 085.***SCIENCE and technology: from catastrophe to crisis. *The Economist*, New York, v. 315, n. 7654, p. 85-86, May 12 1990.
- 086.***SCIENCE and technology: money and mayhem. *The Economist*, New York, v. 315, n. 7651, p. 89-90, Apr. 21 1990.
- 087.***SIMON, Herbert A. Prediction and prescription in systems modelling. *Operations Research*, Baltimore, v. 38, n. 1, p. 7-14, Jan./Feb. 1990.
- 088.** SINCLAIR, Craig. Focussed funding in an international agency: systems science, chaos and advanced educational technology. *R&D Management*, Oxford, v. 20, n. 2, p. 103-113, Apr. 1990.
- 089.** SINKER, Mark. Enter the twilight zone (cyberpunk and chaos theory have combined to turn science into the pop of the nineties). *New Statesman & Society*, London, v. 3, p. 31-2, July 6 1990.
- 090.** ZUIJDERHOUDT, Robert W. L. Chaos and the dynamics of self-organisation. *Human Systems Management*, Netherlands, v. 9, n. 4, p. 225-238, 1990.

1989

091. BURR, Barry B. Chaos: new market theory emerges (stock market). *Pensions & Investment Age*, Detroit, v. 17, n. 15, p. 3+, July 10 1989.

092.*BYGRAVE, William D. The entrepreneurship paradigm (II): chaos and catastrophes among quantum jumps? *Entrepreneurship: Theory & Practice*, Waco, v. 14, n. 2, p. 7-30, Winter 1989.

093. CRUTCHFIELD, James P. Quantifying spatial chaos. *Research & Development*, Denver, v. 31, n. 11a, p. 12-16, Nov. 21 1989.

094. DIXON, Bernard. From creation to chaos: classic writings in science (book review). *New Statesman & Society*, London, v. 2, p. 37, Nov. 3 1989.

095.*DYSON, Esther. Physics for economists (chaos theory). *Forbes*, New York, v. 144, n. 8, p. 266, Oct. 16 1989.

096.*GHOSH, Pallab. The end of the old order (chaos theory). *Management Today*, London, p. 189, Nov. 1989.

097.*KIEL, L. Douglas. Nonequilibrium theory and its implications for public administration. *Public Administration Review*, Washington, v. 49, n. 6, p. 544-51, Nov./Dec. 1989.

098. KING, Jonathan B. Confronting chaos. *Journal of Business Ethics*, Guelph, v. 8, n. 1, p. 39-50, Jan. 1989.

099. LAVOIE, Don, WEILING, He. Economic chaos or spontaneous order? implications for political economy of the new view of science; the impact and influence of the new view of science on china's reform. *The Cato Journal*, Washington, v. 8, n. 3, p. 613-640, Winter 1989.

100. POWELL, Doug. Fractals Spawn Computer Graphics Applications. *Computing Canada*, Canada, v. 15, n. 5, p. 1+, Mar. 2 1989.

101.*PRIESMEYER, H. Richard, BAIK, Kibok. A potential new planning tool: discovering the patterns of chaos. *Planning Review*, Oxford, v. 17, n. 6, p. 14-21+, Nov./Dec. 1989.

102.*ROUTH, Guy. Economics and chaos. *Challenge*, Armonk, v. 32, n. 4, p. 47-52, July/Aug. 1989.

103.*SAVIT, Robert. Nonlinearities and chaotic effects in options prices. *Journal of Futures Markets*, New York, v. 9, n. 6, p. 507-18, Dec. 1989.

104. STERMAN, John D. Deterministic chaos in an experimental economic system. *Journal of Economic Behavior & Organization*, Netherlands, v. 12, n. 1, p. 1-28, Aug. 1989.

105. VASILASH, Gary S. Dick Morley and the science of chaos. *Production*, v. 101, n. 9, p. 74-76, Sept. 1989.

106. VOSTI, Curtis. Applications may be murky (to financial markets). *Pensions & Investment Age*, Detroit, v. 17, p. 3+, July 10 1989.

1988

107.*NONAKA, Ikujiro. Creating organizational order out of chaos: self-renewal in Japanese firms. *California Management Review*, Berkeley, v. 30, n. 3, p. 57-73, Spring 1988.

108. SPEIDELL, Lawrence S. As a science, chaos can put things in order. *Pensions & Investment Age*, Chicago, v. 16, n. 26, p. 25-26, Dec. 12 1988.

109. STRANGE devices are used to help engineers study chaotic behavior. *Research & Development*, Denver, v. 30, p. 62, May 1988.

1987

110. LOYE, David, EISLER, Riane. Chaos and transformation: implications of nonequilibrium theory for social science and society. *Behavioral Science*, La Jolla, v. 32, p. 53-65, Jan. 1987.

111.*MELLER, Patricio. Uma revisão da crise na ciência econômica (keynesianismo x monetarismo). *Revista de Economia Política*, São Paulo, v. 7, n. 4, p. 73-91, out./dez. 1987.

112. WATERMAN JR., Robert H. Strategy in a more volatile world. *Fortune*, New York, v. 116, p. 181-2, Dec. 21 1987.

1986

113. ALPER, Joseph, SPALDING, B. J. Chaos may offer a clue to chemistry. *Chemical Week*, New York, v. 139, p. 29-30, Sept. 10 1986.

114.*DICKMAN, Steve. Making some order out of chaos. *Business Week*, Hightstown, n. 2957, p. 48-9, Aug. 4 1986.

115. MITCHELL FEIGENBAUM, 41: finding the order in chaos (Cornell U). *Fortune*, New York, v. 114, p. 52, Oct. 13 1986.

1984

116. COHILL, Andrew. Bibliophile brings micro-computer order out of chaos. *Online*, Weston, v. 8, p. 34-41, Jan. 1984.

117.*THE MATHEMATICS of mayhem. *The Economist*, New York, v. 292, n. 7358, p. 83-5, Sept. 8 1984. □