

FÍSICA CLÁSSICA, CAOS E COMPLEXIDADE: IMPACTOS NA GESTÃO DAS EMPRESAS

*Nelson José Fernandes**

Resumo

O presente artigo procura enfocar os impactos trazidos pela Física Clássica, Teoria do Caos e Complexidade na gestão das organizações. Levanta as correlações e limitações existentes entre alguns princípios do pensamento científico e práticas gerenciais. Apresenta, ainda, pressupostos inspirados no Caos e no Pensamento Complexo que poderão servir de parâmetros para o difícil processo de gerir organizações no ambiente de alta competitividade em que vivemos.

Palavras-chave

Paradigmas, Física Clássica, Caos, Complexidade, previsibilidade, incerteza.

Introdução

Ao nos aproximarmos do final do milênio, constatamos uma grande inquietação que vem, já há alguns anos,

* Nelson José Fernandes é graduado em psicologia pela Faculdade Paulistana com MBA-Executivo pela FEA/USP e mestrando em administração na PUC-SP.

afligindo as empresas e a própria sociedade que as produziu. Trata-se, na verdade, da constatação que a previsibilidade dos acontecimentos não resolve por si só todos os problemas que se apresentam. A prática da atitude de profetizar parece não ser capaz de responder a todas as indagações que o mundo contemporâneo traz com toda sua idiossincrasia. Pior, além de não responder às indagações, tem muitas vezes levado o ser humano a provocar novas dificuldades e novos problemas, alguns dos quais ameaçam não só a continuidade da empresa, mas também a própria sobrevivência da espécie humana.

A grande verdade é que, desde o início da revolução industrial, as empresas têm procurado o desenvolvimento através da adoção de dois importantes axiomas. O primeiro, é o da superioridade teórica, que nos coloca que o saber verdadeiro é o saber científico, o saber obtido pela racionalidade. O segundo, é o da superioridade prática, que consiste na aceitação de que a ciência é a única forma capaz de resolver todos os problemas. Este poder advém da capacidade científica de formular os problemas de modo racional e objetivo e, portanto, todos os problemas podem ser solucionados desde que a formulação destes esteja correta. Assim, se ainda não equacionamos um problema, é porque a formulação ainda não foi bem feita, mas com certeza com o tempo isso será obtido.

É absolutamente inegável o avanço tecnológico que as empresas experimentaram a partir da revolução industrial quando adotaram fortemente comportamentos racionais que se baseavam no credo de que nada existe sem uma razão de ser. E, se isso é verdade, então precisavam dominar as causas para que pudessem controlar as conseqüências, ou em outras palavras, adaptar os meios aos fins desejados.

Com o avanço e com o progresso tecnológico vieram a busca excessiva e constante da produtividade e do lucro, e, na medida em que evoluíam nesses intuítos, simultaneamente crescia a convicção de que o pensamento científico era o remédio para todos os males. O pensamento científico obteve a total confiança e, mais do que isso, passou a ser beatificado.

Vale lembrar que não foi apenas no mundo empresarial que o pensamento científico prosperou com tal magnitude, na verdade toda a sociedade — incluindo suas instituições — se converteu às premissas da ciência. Nada permaneceu imune ou alheio ao pensamento científico.

Tudo parecia, até um dado momento, equacionado ou por equacionar, e as coisas estavam ou tendiam a estar em perfeito equilíbrio e controle. Ocorre que a inquietação e a desilusão começaram a pairar sobre a sociedade e sobre as empresas a partir do instante em que se constatou que certas respostas não podiam mais ser entendidas pelo método científico. Além da previsibilidade nem sempre se mostrar confiável, a perda do controle na relação causa e efeito trouxe à humanidade e às suas instituições seríssimos problemas, os quais vão desde perda de ganhos e lucros na dimensão empresarial com falências e fracassos, até problemas muito mais graves como a própria bomba atômica se quisermos exemplificar com um fato que atinge uma dimensão maior que é a própria perpetuação da espécie humana.

A fé e a confiança no pensamento científico, aspectos anteriormente inquestionáveis, passaram a ser claramente contestados e discutidos. A metodologia até então empregada pelas instituições e pela própria sociedade precisará ser revista, não eliminada, mas certamente revista e ampliada.

Chegamos a um estágio em que será preciso distinguir o pensar do saber e aceitar que o modelo científico não pode explicar e resolver todas as necessidades humanas.

Será imperativo que se adotem novas formas de encarar a realidade a qual não é tão objetiva quanto parecia aos olhos dos cientistas clássicos. Segundo Japiassú (1996), “pensar” não é “saber” e não é acreditar, embora muitos prefiram justificativas para crer ao invés de razões para conhecer. Igualmente, “saber” não esgota o “pensar”. Tanto para pensar quanto para saber é preciso não só estudar todos os fenômenos presentes que afetam a natureza humana, mas também a forma pela qual o conhecimento pode ser obtido.

No terreno da gestão das empresas, o processo de globalização tem trazido em seu bojo novas dificuldades e novas inter-relações de variáveis que até então pareciam não estar vinculadas. Os métodos e práticas gerenciais até aqui utilizados não satisfazem mais as necessidades e novas maneiras de pensar e agir precisarão ser incorporadas. Não é intuito deste trabalho mostrar qual o modelo gerencial que deve ser adotado, até porque se fosse esse o objetivo, estaríamos propondo a mesma lógica do pensamento científico, a qual ao adotar uma única lógica se mostrou incapaz de responder a todos os desafios que se apresentam.

Nosso intuito é ampliar a discussão mostrando novas maneiras de encarar a realidade e novos parâmetros de pensamento que, se adotados, poderão enriquecer o conhecimento e o saber na difícil missão de gerir empresas.

1. A Questão dos paradigmas

Todo o pensamento é fortemente influenciado pelo paradigma previamente adotado, mesmo que isso ocorra de modo inconsciente, o que justamente acaba ocorrendo na maioria das vezes. Cabe neste momento clarificar o que realmente entendemos por paradigma.

Um paradigma é um conjunto de conceitos e de idéias mestras, as quais possuem uma relação lógica entre si e por estarem interligadas e ordenadas são capazes de comandar todo o arcabouço do pensamento. Funciona como o ponto de partida do raciocínio. Todas as idéias concebidas caminham de modo convergente e coerente aos conceitos e idéias mestras previamente adotadas. Para Morin (1990) o pensamento é sempre organizado por princípios supralógicos que acabam por influenciar e induzir o raciocínio.

Assim, antes de se questionar os atuais modelos e práticas gerenciais, é necessário um rápido exame sobre o paradigma que serviu de base estrutural para que a gestão empresarial pudesse se desenvolver e incorporar suas idéias.

2. O Paradigma da física clássica e suas influências nas práticas gerenciais

A física do século XIX foi baseada nos pressupostos de Newton que estabelecia que o mundo era uma máquina perfeita e previsível. Tudo funcionava como uma máquina e havia sempre uma forte relação entre causa e efeito. Tudo poderia ser previsto, até mesmo aquilo que parecia ser muito complicado poderia ser previsto. Para tanto, bastava descobrir os mecanismos que o produzia. Newton entendia que o mundo tinha ordem e estabilidade.

Laplace foi outro autor que partilhava da mesma visão newtoniana e avançava ainda mais na lógica determinista que existia no universo. Considerava que o estado anterior de tudo existente no mundo determinou e causou o estado atual de tudo o que existe hoje. Mais do que

isso, afirmava também que o estado futuro do mundo será determinado pelo atual estado em que o mundo se encontra. Trata-se de uma visão determinista que considera o universo estável e, portanto, passível de previsibilidade. O pensamento de Cardoso acerca das idéias laplaceanas ilustra bem essa visão:

Reforçava a visão determinista da ciência o pensamento de Laplace que, em 1810, concebia um sistema de mundo como um universo estável, existindo desde sempre (o que tornava sem significação a questão de sua origem). Reina, nessa concepção, um determinismo absoluto pois, a partir do conhecimento de todas as partículas do universo, delas se poderia deduzir todo o passado e todo o futuro.¹

Como no raciocínio da física clássica necessariamente tem que predominar a ordem — a desordem tem que ser eliminada — o pensamento utiliza-se sempre de uma única lógica. A lógica formal, a qual é sempre excludente. Isto significa dizer que algo “é” ou “não é”. A lógica formal não pode simultaneamente considerar a hipótese de algo “ser” e “não ser”. Este princípio é conhecido como disjunção/exclusão, pois sempre procura separar hipóteses, aceitar como verdadeira apenas uma e excluir as demais.

Essa idéia-mestra também é conhecida como paradigma da simplicidade, o qual é assim explicitado por Morin:

Assim, o paradigma da simplicidade é um paradigma que põe ordem no universo e expulsa dele a desordem. A ordem reduz-se a uma lei, a um princípio. A simplicidade vê quer o uno, quer o múltiplo, mas não pode ver que o uno pode ser ao mesmo tempo múltiplo.²

As práticas e modelos gerenciais, tendo adotado como referência os princípios da física clássica em que estão claramente presentes conceitos de ordem, simplicidade, determinismo e previsibilidade, passaram a desenvolver técnicas e controles condizentes com essas concepções. Dessa forma, vem sendo adotadas, desde o início da revolução industrial no princípio do século, práticas gerenciais tais como:

1. Onésimo Oliveira Cardoso, “Ciência e Tecnologia — Um Enfoque Epistemológico”, p. 10.

2. Edgar Morin, Introdução ao Pensamento Complexo, p. 86.

- a) Busca da Certeza e da Previsibilidade — Todo o processo de planejamento empresarial, seja ele no nível estratégico, tático seja no operacional, busca insistentemente maneiras de obter visão antecipada do futuro e formas de controlar as variáveis capazes de garantir vantagens organizacionais frente à concorrência. A crença acentuada na previsibilidade leva o comportamento empresarial a cometer graves erros que colocam em dúvida a própria sobrevivência da empresa.
- b) Manutenção da Ordem — O poder emana do topo. Há um forte apego à hierarquia e o controle precisa ser exercido como forma de manter a ordem e eliminar a desordem. Todas as variáveis devem ser controladas para que os meios produzam os fins desejados. Daí nascem as propostas que visam controlar o processo do trabalho (Engenharia de Processos), a qualidade dos produtos e a eliminação dos desvios ou das não-conformidades (Qualidade Total), e a realização das tarefas (Divisão do Trabalho e Descrições de Cargos), dentre outras. Nesse contexto altamente controlado, a criatividade não encontra espaço e o risco é envelhecer a organização devido à falta de oxigenação de idéias.
- c) Visão Mecanicista — A empresa é composta de várias partes e cada uma tem sua função específica. Uma não deve influenciar ou interferir no funcionamento da outra. Cada departamento tem seus próprios objetivos e deve se preocupar apenas em cumpri-los. Os rígidos organogramas representam uma dificuldade para que toda a empresa adote uma visão mais orgânica em que todos são responsáveis pelo destino da floresta e não apenas cada um por sua árvore.
- d) Disjunção e Exclusão — A premissa de que só há uma forma de fazer as tarefas ou que só há uma única iniciativa a ser tomada é a adoção da simplificação. Muitas vezes isso implica a rejeição à pluralidade de idéias e ao comportamento de apego ao tradicional e ao passado o que pode levar a obsolescência.
- e) Objetivo Definido versus Risco — A lógica financeira empregada em muitas organizações define claramente o objetivo a ser conseguido e as várias formas de mensurá-lo e acompanhá-lo. Procura sempre desenvolver mecanismos que assegurem a aderência ao caminho traçado e, com isso, tentam eliminar a hipótese do risco. Através da tática traçada muitas vezes essas metas são atingidas, mas jamais se sabe aquilo que deixou de ser obtido caso tivesse

havido a aceitação do risco. A questão que se coloca é que em não aceitando o risco, a empresa está abrindo mão de um resultado potencial que poderia ser muito superior ao resultado real obtido.

3. O caos, a complexidade e suas influências nas práticas gerenciais

No transcorrer do século XX surgiram duas correntes teóricas que começaram a questionar as verdades apregoadas pela física clássica: a Teoria do Caos e o Pensamento Complexo.

A Teoria do Caos contribuiu enormemente para o questionamento da validade dos conceitos elementares e essenciais da física clássica. Apregou que a compreensão das leis da natureza não pode ser pautada em certezas, como afirmava o pensamento determinista, mas necessariamente precisa evoluir através da aceitação de possibilidades. Destacou ainda que as leis da natureza são eminentemente irregulares e incertas, portanto em sua gênese há claramente a idéia-mestra que nos remete a aceitar a imprevisibilidade como algo inerente a própria natureza (Popper:1993).

Alguns autores enfatizam a imprevisibilidade da natureza de forma bastante clara.

Borman (1991) afirma que um sistema caótico é aquele que apresenta irregularidades e acentuada sensibilidade às condições iniciais. Coloca ainda que conhecer as condições iniciais é normalmente impossível e, portanto, torna-se inviável o exercício de querer prever tudo o que está por acontecer.

Prigogine (1996) cita que grandes efeitos podem ser originados por ínfimas causas. Desse pressuposto é que nascem exemplos e citações figurativas que hoje são largamente conhecidas como a do bater de asas da borboleta no Brasil que pode provocar tempestades nos Estados Unidos. Mais ainda, ao estudar a termodinâmica de sistemas afastados do equilíbrio, revelou que esses sistemas trazem, em seu bojo, comportamentos previsíveis e comportamentos instáveis ou imprevisíveis. A alternância dos comportamentos previsíveis com os imprevisíveis, ou seja, a instabilidade, é essencial para a evolução do próprio sistema. Aqui temos uma questão que se coloca frontalmente contrária a idéia da ordem existente na física clássica.

O Princípio da Incerteza também afirma que é impossível determinar ao mesmo tempo a posição e a velocidade de uma partícula. Se é observado um fóton com um detector de partícula, ele se comportará como partícula. Entretanto, se esse mesmo fóton for observado como onda, ele se comportará como onda. Daí pode-se concluir que as perguntas que são feitas acabam determinando as respostas que são obtidas e também aquelas respostas que não são obtidas. Fica nítido também que o observador interfere no fenômeno e que existem inter-relações que extrapolam os limites da física clássica que via o mundo como uma máquina perfeita e previsível.

Outra corrente teórica que vem questionando profundamente os axiomas colocados pela física clássica é a Complexidade trazida por Edgar Morin. No pensamento complexo não existe a intenção de eliminar o esforço da simplificação, esforço este que é fortemente perseguido na física clássica (Morin:1990).

Ao contrário desta, que ao buscar a explicação para os fenômenos elege um único modo de pensar limitando o conhecimento, a Complexidade aceita a simplificação, porém procura integrar todos os modos simplificadores de pensar. Aceita a contradição da existência simultânea do uno e do múltiplo. Aceita também a idéia da coexistência concomitante da ordem e da desordem e vê o mundo, não como uma máquina perfeita, mas como um organismo que vive constante e simultaneamente um processo de organização e desintegração.

O que a física clássica faz é utilizar o paradigma da disjunção/redução/exclusão, enquanto que o pensamento complexo procura trabalhar com a disjunção/conjunção. Morin conceitua essa diferença da seguinte maneira:

Assim, ao paradigma da disjunção/redução/unidimensionalização, seria preciso substituir um paradigma de distinção/conjunção que permita distinguir sem separar, associar sem identificar ou reduzir. Este paradigma comportaria um princípio dialógico e translógico, que integraria a lógica clássica tendo simultaneamente em conta os seus limites de fato (problemas de contradição) e de jure (limites de formalismo).³

Ao se pensar a Complexidade é necessário refletir sobre três princípios que lhes são intrínsecos. O primeiro, conhecido como princípio

3. Edgar Morin, *Introdução ao Pensamento Complexo*, p. 22.

dialógico, admite a idéia de que é possível manter a dualidade dentro da unidade. Esse princípio dialógico nos leva a aceitar que dois termos podem ser complementares e antagônicos ao mesmo tempo. A vida e a morte são fatores antagônicos na medida em que um movimento procura se contrapor ao outro, entretanto, também acabam sendo movimentos complementares, porque uma célula cansada precisa morrer para que haja o nascimento de uma nova célula. Nesse caso, a morte elimina a vida e abre caminho para que uma nova vida apareça. Morin (1990) exemplifica esse princípio com o fato de que um pai pode ao mesmo tempo ter o desejo de se doar e proteger o filho e optar, no mesmo instante, por seus próprios interesses em detrimento dos interesses do filho.

O segundo é o princípio da recursão organizacional, em que simultaneamente os produtos são produtores daquilo que os produziu. Morin (1990) cita o exemplo do redemoinho em que cada momento é ao mesmo tempo causa e consequência.

O terceiro princípio denomina-se hologramático e consiste em aceitar a idéia que, assim como o todo contém a parte, esta também contém o todo. O exemplo ilustrativo de Morin (1990) é inspirado na biologia que nos mostra que em cada célula há a informação genética de todo o corpo, e neste, há o código genético de cada célula.

Existe ainda outra idéia no pensamento complexo a qual é fundamentalmente diferente do pensamento da física clássica. Enquanto esta última persegue a ordem e procura eliminar tudo aquilo que interfere nesta, a complexidade trabalha com o conceito de entropia e neguentropia. Esse conceito pressupõe que em todo organismo há o crescimento da desordem sobre a ordem, do desorganizado sobre o organizado e a existência desses dois movimentos não deve ser negada.

Pelo contrário, a evolução de um sistema está diretamente vinculada à capacidade desse mesmo sistema em se reinventar e se reorganizar após a desordem. Esta é essencial ao desenvolvimento e crescimento de qualquer organismo. As células de nosso corpo morrem para que o próprio corpo possa se regenerar e sobreviver.

Sobre essa característica que um organismo tem para equacionar em si mesmo a ordem e a desordem, Morin aponta:

O fenômeno da desintegração e da decadência é um fenômeno normal. Por outras palavras, o que é normal não é que as coisas

*durem sem se modificarem, isso seria pelo contrário inquietante. Não há nenhuma receita de equilíbrio. A única maneira de lutar contra a degenerescência está na regeneração permanente, por outras palavras, na aptidão do conjunto da organização para regenerar-se e para reorganizar-se, ao fazer frente a todos os processos de desintegração.*⁴

É certo que ainda não há a compreensão de todos os fenômenos da natureza através do pensamento complexo e o próprio Morin afirma que a Complexidade é uma palavra problema e não uma palavra solução. Todavia, as idéias-mestras trazidas pela Complexidade e pela Teoria do Caos podem abrir novas perspectivas para a compreensão e análise da realidade e com isso possibilitar, aos gestores das empresas, a utilização de novas práticas gerenciais mais condizentes com os desafios que serão enfrentados no próximo século. Dentre essas novas práticas gerenciais, inspiradas na Complexidade e no Caos, algumas já vêm sendo empregadas, destacando-se com maior freqüência:

- a) Aceitação da Incerteza — O incerto passa a ser aceito como algo inerente e natural a qualquer processo. Os imprevistos são aceitos como oportunidades de revisão de posturas e não mais recebem a conotação de desvios e anomalias. O processo de planejamento empresarial continua fazendo previsões, porém estas passam a ter dimensões de curto prazo e consideram várias possibilidades ou cenários e não mais trabalham com uma única hipótese.
- b) Flexibilização da Ordem — Há todo um relaxamento na hierarquia, nos controles dos processos internos de trabalho e na rigidez da cultura empresarial. A organização necessita de alguma desordem para que possa ser criativa, pois se todos seguirem manuais rígidos de procedimentos nunca haverá inovação. A criatividade e a inovação são, por princípio, subversivas na medida em que alteram a ordem até então existente. A cultura organizacional abre espaço para que a criatividade e a inovação, características naturais do ser humano, possam florescer.
- c) Ordem e Desordem como Crescimento — Ao admitir que em todo sistema estruturado cresce a desordem, a qual é sucedida por uma nova ordem, a empresa acaba vendo as crises e desvios ocor-

4. Edgar Morin, *Introdução ao Pensamento Complexo*, p. 130.

ridos no trajeto como oportunidades de se reinventar e de regeneração organizacional. Como a desordem é vista como algo natural, não há a busca de culpados, mas sim de soluções.

- d) **Visão Orgânica** — A empresa passa a ser vista não mais como um aglomerado de partes estáticas, em que cada uma tem sua função específica, mas sim como um corpo único, um sistema aberto em que acontecem diversas interações. Há uma rede de conexões onde todos trocam idéias e em que as dificuldades passam a ser divididas e compartilhadas. Os organogramas clássicos são substituídos por esquemas auto organizáveis que se constituem de diferentes maneiras frente a diferentes desafios.
- e) **Disjunção e Conjunção** — O processo de gerenciamento procura compartilhar as responsabilidades e as decisões através da descentralização do poder. Contudo, a lógica da descentralização das decisões não significa excluir a outra lógica, que é a de garantir alguma diretividade. Uma pessoa que trabalha sem nenhuma autonomia não pode demonstrar iniciativa, porém uma pessoa que trabalha sem qualquer orientação de direção tende a ter sua produtividade prejudicada. Ambas as lógicas devem ser analisadas de modo separado e posteriormente integradas. A integração e a articulação de diferentes lógicas passam a ser o esforço que deve ser perseguido na atividade de gerenciamento.
- f) **Princípio da Recursão** — Resultados de pesquisas de clima organizacional são analisados conjuntamente com resultados financeiros e tem-se observado forte correlação entre clima de trabalho e lucratividade. Normalmente, ambos se comportam de maneira análoga, ambos são bons ou ambos são insatisfatórios. Há uma relação recursiva em que os dois são causas e conseqüências, produtos e produtores. A atitude gerencial mais adequada é aquela que consegue colocar a relação recursiva numa espiral positiva.
- g) **Princípio Dialógico** — Os sindicatos de trabalhadores, outrora vistos por muitas empresas como entidades indesejáveis e contrárias aos interesses do capital, agora são vistos como entidades complementares e parceiras do empreendimento, mesmo quando defendem interesses aparentemente antagônicos aos da organização. Tem sido observados muitos momentos em que sindicatos profissionais e empresas se unem a fim de estabelecerem estratégia que viabilize

o alcance de objetivos comuns, como perenidade do negócio e manutenção do emprego. Ora como adversários, ora como aliados, patrões e empregados têm juntos empreendido lutas diante de propostas e posturas estatais. Além disso, há no meio empresarial pessoas que acreditam que uma organização sindical forte e combativa ameaça a vida da empresa, porém simultaneamente favorece o aprimoramento do modelo de gestão organizacional.

- h) Princípio Hologramático — As empresas procuram fazer conjuntamente com seus empregados a construção da visão e da missão da organização. Os planos são elaborados em parceria e as responsabilidades são compartilhadas. Quando o processo é conduzido genuinamente dessa maneira, o propósito da organização acaba sendo encontrado não só no todo organizacional, mas também em cada indivíduo, em cada parte. Em outras palavras, processos de planejamento descentralizados e participativos são capazes de mobilizar todos os empregados na busca dos resultados esperados. A clareza do “o que fazer” e do “como fazer” é encontrada na cúpula e na base da pirâmide empresarial.

Considerações finais

Pessoas, instituições educativas e organizações empresariais com interesses voltados ao lucro viveram nas últimas décadas sob influência do paradigma da lógica clássica. Buscaram incessantemente a previsibilidade e a certeza. Descobriram que nem sempre a técnica e a lógica são soluções para todos os problemas que se apresentam. Grandes empresas desapareceram ao insistirem em demasia no paradigma da física clássica.

Nos últimos anos novos pressupostos surgiram inspirados no paradigma da Complexidade e nos princípios do Caos. Lideranças de instituições e empresas, por vezes, ao abandonarem a prática da previsibilidade e ao desistirem completamente da certeza, levaram seus empreendimentos a riscos elevados que em muitos casos significou desarticulação total do negócio.

A condução dos empreendimentos é tarefa primordial, embora não exclusiva, dos ocupantes de posições de comando nas organizações. Administrar a organização exige sensibilidade para identificar qual o melhor modelo de gestão que deve ser adotado.

Não é possível sugerir um único modelo para todas as organizações existentes. Tampouco é prudente assumir uma generalização e indicar a supremacia de um ou outro paradigma. Não parece ser recomendável a escolha de um único paradigma e a sua insistente fixação. Não é esse o papel da gestão nas empresas.

O papel da gestão nas empresas é coordenar e conduzir um grupo de pessoas na direção de construir objetivos comuns. Para fazer isso, ela precisará refletir sobre as premissas, posturas e práticas que deverão ser adotadas. A capacidade de integrar e coordenar diferentes pressupostos e distintas idéias-mestras parece ser a principal competência que os administradores deverão demonstrar nos próximos anos. Adquirir e desenvolver essa competência é hoje o maior desafio.

Bibliografia

- ANDERY, M. A. *Para Compreender a Ciência: Uma Perspectiva Histórica*. Rio de Janeiro-São Paulo: Espaço e Tempo-Editora da PUC/SP, 1996.
- BORMAN, S. "Researchers Find Order, Beauty in Chaotic Chemical Systems", In Chemical & Engineering News. Washington: V. 69, January, 1991.
- CARDOSO, O. O. "Ciência e Tecnologia — Um Enfoque Epistemológico". In: Revista Unicsul. São Paulo: Universidade Cruzeiro do Sul, Ano 2, nº 3, Dezembro, 1997.
- JAPIASSÚ, H. *A Crise da Razão e do Saber Objetivo*. São Paulo: Letras & Letras, 1996.
- MORIN, E. *Introdução ao Pensamento Complexo*. Lisboa: Instituto Piaget, 1990.
- POPPER, K. *A Lógica da Pesquisa Científica*. São Paulo: Cultrix, 1993.
- PRIGOGINE, I. *O Fim das Certezas: Tempo, Caos e as Leis da Natureza*. São Paulo: Unesp, 1996.
- RUELLE, D. *Acaso e Caos*. São Paulo: Unesp, 1993.