

**As metáforas quânticas aplicadas  
às organizações modernas**  
Teorias do caos, fractais e suas influências  
sobre nossa visão do mundo

**Prof. Marcos Nicolau**

(Mestrado em Comunicação e Culturas Midiáticas – PPGC/UFPB)

**A percepção da não-linearidade evolutiva da natureza**

Notícias como a queda de um avião Concorde ou a catástrofe provocada por um Tsunami na Indonésia são vistas como acidentes aleatórios e casuais. Mas, de acordo com as teorias do caos e dos fractais, fazem parte de uma complexidade sistêmica passível de ser compreendida e até mesmo, fornecer lições para nossa vida em sociedade. São eventos que estão além da nossa visão tradicionalmente determinista e da nossa incapacidade de compreender as leis da física em sua essência.

“Talvez a realidade não seja aquilo que vemos com nossos olhos”, disse certa feita o iminente cientista Karl Pribram. Seguindo esse *insight*, podemos dizer que não é preciso ser físico ou matemático para compreender como a física quântica, a teoria do caos e a teoria dos fractais revelam um universo totalmente instável à nossa volta, encoberto pelo véu de uma aparência cristalizada. A essência desse universo em ebulição vem sendo desnuda pelo rigor dos cálculos dos cientistas, passível de ser traduzida para nós, leigos, somente através de metáforas.

A proposição da Teoria Quântica não significou apenas a descoberta do mundo instável e absurdo do interior dos átomos e a designação de novos conceitos para os fenômenos sobre os quais a Física Clássica nada podia dizer. Significou a possibilidade de compreensão da própria instabilidade do mundo a partir da não-linearidade evolutiva da natureza. No bojo dessa teoria e a partir das possibilidades da informática, surgiram as demais teorias do caos e dos fractais, proporcionando visões nunca antes reveladas

à nós, pobres mortais, sobre sistemas caóticos e formação sistêmica da vida.

Hoje, sabemos que estas teorias procuram compreender a não-linearidade em diversas áreas da atividade humana: medicina e biologia, artes gráficas, geografia, economia. Mas seu poder metafórico estende-se às demais áreas que vão desde o comportamento humano ao ambiente instável das organizações e suas flutuações de mercado.

### **A descoberta dos *Quanta***

O átomo é um constituinte fundamental da matéria. Considerado pelos gregos antigos como o “tijolo” do universo teve sua existência comprovada mais de 2 mil anos depois, no século XIX.

Apesar da Física Clássica ter descoberto que o átomo não era indivisível, como se acreditava, continuava como partícula essencialmente física. Em 1900, porém, o físico Max Planck descobriu que os raios luminosos viajam em “pacotes” de energia, chamados de *quanta* de luz e estabeleceu um novo paradigma científico que revolucionou nossa visão de mundo: pela Física Quântica e seus princípios de simultaneidade e de incerteza, o átomo tinha a propriedade de se comportar tanto como partícula, quanto como onda de energia, com a possibilidade impensável de atravessar barreiras físicas.

As concepções de Planck permitiram que Einstein demonstrasse que os *quanta* poderiam gerar o raio laser, e abriu caminho para que outros físicos como Bohr, Schrödinger e Heisenberg estabelecessem as teorias que possibilitaram o surgimento da cibernética, do computador e da tecnologia digital.

### **Caos e fractais: de Lorenz a Mandelbrot**

Uma das importantes concepções científicas surgidas no século XVII a partir das descobertas de Isaac Newton dava conta de que os fenômenos da

natureza poderiam ser explicados pelas leis matemáticas. Esse paradigma fez, por muito tempo, os pesquisadores acreditarem que tais leis poderiam explicar e prever o comportamento de todos os fenômenos, caso fossem reunidas informações suficientes sobre eles. A física quântica já havia demonstrado a estreiteza dessa concepção, e, finalmente, em 1961, o meteorologista Edward Lorenz, do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), descobriu por acaso um dos mais importantes argumentos contra essa idéia.

O meteorologista havia programado um modelo, nos primitivos computadores da época, que simulava o movimento de ventos e de massas de ar. Certa feita quis repetir uma situação em seu programa e digitou os números correspondentes a ela, só que, arredondando para algumas casas decimais a menos. Acreditava ele que essa ínfima imprecisão levaria a um resultado apenas um pouco diferente, mas houve uma transformação significativa. Era como se o bater de asas de uma borboleta na Ásia causasse, tempos depois, um tornado na América. Lorenz percebeu que seu modelo, construído com equações simples, poderia tornar-se caótico e imprevisível. Dessa experiência nasceu a “teoria do caos”.

Pesquisas feitas mais tarde mostraram que o “efeito borboleta”, como ficou conhecido o experimento, poderia ser encontrado em uma infinidade de fenômenos, como o trânsito, o movimento de partículas em um líquido e as cotações da Bolsa. Cada um desses sistemas, apesar de obedecer a regras simples, pode adquirir infinitas configurações, de acordo com a influência de fatores aparentemente insignificantes — como casas decimais ou o bater das asas das borboletas. Físicos como Celso Grebogi, da Universidade de São Paulo, acreditam que a própria história funciona dessa forma, pois a modificação de um pequeno acontecimento séculos passados poderia levar o mundo para uma situação completamente diferente da que temos hoje.

Por sua vez, na década de 70, o matemático polonês Benoit Mandelbrot deu um novo impulso à teoria ao notar que as equações de Lorenz batiam com as que ele próprio havia feito quando desenvolveu os fractais, figuras

geradas a partir de fórmulas que retratam matematicamente a geometria da natureza, como o relevo do solo ou as ramificações de nossas veias e artérias, por exemplo.

Quando o matemático Mandelbrot fez uma palestra sobre economia para a Universidade Havard, utilizou padrões de curvas de preços já adotados por economistas anteriormente. Aplicando esses conceitos ao conjunto de preços de algodão acumulado por mais de um século, Mandelbrot percebeu que eles não continham interrupções.

Ampliando suas pesquisas com uso de computadores poderosos da IBM, Mandelbrot descobriu que, dentro das aberrações de números já apontadas por economistas anteriores, havia certa ordem oculta, ou seja, uma simetria em pequenas e grandes escalas. Desse modo, podia-se perceber que as variações diárias correspondiam às variações mensais, o que significava existência de padrões onde antes só se via aleatoriedade.

Realizando outros estudos, desta feita, com relação aos problemas enfrentados pela própria IBM no uso de transmissão de dados por linhas telefônicas, Mandelbrot encontrou relação ente os dois problemas: a variação dos preços de algodão ao longo dos anos e a alternância de períodos de ruídos com transmissão perfeita de dados.

Seguindo o desdobramento dessas descobertas e apoiado sempre em teorias matemáticas anteriores, Mandelbrot encontrou tais padrões em lugares inusitados como a extensão do litoral de uma região, percebendo que há sempre um grau de irregularidade constante em qualquer escala utilizada: centímetros, metros ou quilômetros. Nesse caso, de perto ou de longe os padrões de forma são os mesmos, tal qual ocorria com os preços de algodão, uma vez que a irregularidade é paradoxalmente irregular. Portanto, uma das principais características dos fractais é a auto-semelhança, pois, se você cortar um pedaço de uma folha de alface vai ver que este pedaço é semelhante ao alface inteiro.

A junção do experimento de Lorenz com a matemática de Mandelbrot indica que o caos parece estar na essência de tudo, moldando o Universo. E pesquisas recentes mostraram algo ainda mais surpreendente: equações

idênticas aparecem em fenômenos caóticos que não têm nada a ver uns com os outros. Cientistas demonstraram que as equações de Lorenz para o caos das massas de ar aparecem também em experimentos com raio laser; ao mesmo tempo, fórmulas que regem certas soluções químicas repetem-se no ritmo desordenado das gotas de uma torneira.

### **Visão metafórica das teorias**

Para compreender a aplicabilidade prática dessas teorias, podemos recorrer às metáforas e seu poder de traduzir para uma linguagem acessível, um pouco da complexidade de suas explicações. A metáfora, segundo José Predebom, estudioso da criatividade, é uma linguagem simbólica que envolve áreas emocionais muito mais ligadas ao nosso hemisfério direito, cuja estrutura de pensar é não-verbal, por isso os significados adquirem maior consistência e amplitude.

Baseado em Aristóteles, o psicólogo cognitivo Howard Gardner acrescenta que a metáfora é a capacidade de perceber uma semelhança entre elementos de dois domínios ou áreas de experiência diferentes e ligá-los em uma forma lingüística.

Sendo assim, a transposição desses conceitos de uma linguagem matemática para as relações do cotidiano permite-nos uma maior compreensão do mundo, dentro de um paradigma de pensamento bastante oportuno para o entendimento de nossa época.

O físico Fritjof Capra, por seu turno, afirma, não só que a Quântica trouxe uma concepção de mente, mas também que a linguagem, produto da mente, constitui o pensamento metafórico. Para o físico, o salto na concepção sistêmica da vida foi ter abandonado a visão cartesiana da mente como uma coisa, percebendo que a mente e a consciência não são coisas, e sim, processos. Significa dizer que existimos dentro da linguagem e tecemos continuamente a teia lingüística na qual estamos inseridos, por isso, coordenamos nosso comportamento pela linguagem, e juntos, através da linguagem, criamos ou produzimos o nosso próprio mundo.

Para Capra, a descoberta de que a maior parte dos pensamentos humanos é metafórica significou um avanço decisivo na nossa maneira de ver as coisas, já que as metáforas possibilitam que nossos conceitos corpóreos básicos sejam aplicados a domínios abstratos e teóricos.

### **Aplicação das teorias no contexto das organizações**

Desde que aprendemos o quanto o mundo a nossa volta é instável, que tivemos de construir novas formas de “ler” e de entender esse mundo também de forma flexível e dinâmica. E quando se trata das organizações permeadas pela diversidade das relações humanas, essa tarefa fica ainda mais complexa. Daí porque, evolutivamente, tais organizações foram vistas como máquinas, organismos, cérebros e hoje é preciso outras metáforas para entender essa complexidade. Afinal, no seio das organizações encontramos o ambíguo e o paradoxal.

Para a cientista Danah Zohar, formada pelo MIT e docente de Oxford, a física clássica forneceu uma série de paradigma para entendermos a realidade. “Nós vivemos num mundo de organizações newtonianas, que raciocinam com a certeza e a previsibilidade. Elas são hierárquicas: o poder emana do topo e o controle é vital em todos os níveis. Elas frisam um único ponto de vista, a melhor maneira de ir para frente. Elas são organizadas e gerenciadas como se a soma de suas partes explicasse o todo”. A proposta de Danah é que observemos as organizações sob esse novo modelo que se baseia nas idéias, na linguagem e nas imagens dessas novas ciências que incluem a física quântica, as teorias do caos e da complexidade, bem como, as descobertas recentes das neurociências sobre o funcionamento do cérebro humano.

De fato, os especialistas organizacionais encontram cada vez mais incerteza na ação mercadológica das empresas, na constituição de modelos administrativos insuficientes para a instabilidade das relações de equipes de trabalho etc. Sobre esse aspecto, diz Margaret Wheatley, professora de administração do Brigham Young University, durante muito tempo temos

criado problemas para nós mesmos nas organizações ao confundir controle com ordem. Para ela isso não é surpresa porque que, na maior parte da sua história registrada, a administração vem sendo definida em termos de suas funções de controle.

Por isso, hoje, diz Ruben Bauer, professor doutor de Engenharia da Produção da PUC do Rio de Janeiro, a função planejamento nas empresas busca, em essência, reduzir a incerteza: "Uma nova forma para essa função deveria aceitar a incerteza tal como ela é. Isso não acarreta maiores riscos, simplesmente porque não existem riscos. Não se pode perder algo que não existe, e não existe algo chamado 'equilíbrio' – a não ser na fantasia e nas ilusões de controle de nossas mentes inseguras. Um mundo onde a incerteza não pode ser dirimida não é um mundo de riscos – ele já é, simplesmente, um desastre. Se aceitarmos esse fato, poderemos aprender a dialogar com a incerteza em vez de tentar controlá-la, refinando aos poucos nossa intuição e nossa sensibilidade, para que possamos conviver de uma forma mais harmoniosa com esse 'desastre'".

Quando observamos as estruturas dissipativas na natureza descobrimos que a desordem pode ser a fonte da ordem e que o crescimento evolutivo está no desequilíbrio e não no equilíbrio. A partir dessa premissa, Margaret Wheatley afirma que, as coisas que mais tememos nas organizações tais como flutuações, distúrbios, alterações do equilíbrio, não são necessariamente indícios de uma desordem iminente que irá nos destruir. Essas flutuações constituem a fonte primordial da criatividade: "Os cientistas que investigam esse mundo recém-compreendido descrevem os estados intermediários entre a ordem e a desordem como 'ordem a partir do caos' ou 'ordem por meio da flutuação'. Trata-se de novos princípios, que destacam a dinâmica entre o caos e a criatividade, entre as disrupções e o crescimento".

Nesse sentido compreende-se mais facilmente o conceito de auto-organização tão presentificado na natureza, pois, segundo ainda Bauer, a auto-organização é simultaneamente desorganização e reorganização, ordem e desordem. "Se tudo fosse desordem no universo, haveria muita

criação e inovação mas nenhuma organização e, portanto, nenhuma evolução. E se tudo fosse ordem, não haveria criação ou inovação – tampouco evolução”. Na sua concepção, o que se busca nas empresas para enfrentar a incerteza é sempre criatividade e inovação. Isso porque, o que nos dizem as teorias da complexidade é que só existe criatividade com afastamento do equilíbrio.

### **Metáforas de fatos desastrosos**

Diante dessas constatações científicas e suas conjecturas, poderíamos também realizar especulações para os conflitos e as tragédias que ocorrem dentro das organizações? Como entender, por exemplo a Lei de Murphy que diz que, se uma coisa tem possibilidade de dar errado, certamente dará, a partir da teoria do caos? Como compreender acidentes aéreos e catástrofes naturais?

Os cientistas já perceberam que os riscos de que fatores insignificantes se transformem em tragédia aumentam na proporção do aumento da potência das indústrias e das máquinas de um modo geral, afinal, quanto maior a quantidade de energia concentrada em eventos controlados pelo ser humano maior a possibilidade de um desastre.

Exemplos disso podemos encontrar no fato de uma pequena barra de ferro na pista do aeroporto francês ter causado a queda do Concorde, tragédia que culminou com a retirada desse transporte de circulação. Ou, o anel de vedamento de combustível do Columbia que pôs a perder toda a missa com seus preciosos tripulantes. Esses eventos nos ensinam que, dependendo da complexidade do sistema em que elementos interagem entre si, as chances de que pequenos fatores provoquem grandes acidentes estão cada vez mais presentes.

Também no contexto da natureza é o que se percebe: incêndios provocados por relâmpagos em florestas no período quente permitem quem surjam novas espécies da fauna e da flora. Assim, como, tragédias provocadas por terremotos causadores dos Tsunamis, tal qual ocorreu na



Indonésia fazem parte de uma ação crítica de alta instabilidade em determinado ponto do sistema ecológico da terra em busca de acomodações geológicas.

### **Como viver em um mundo “quântico”**

Mas, no contexto das organizações, o que tem interessado aos profissionais é, entre outras coisas, como lidar com a instabilidade dos relacionamentos, como transformar grupos em equipes, como fazer gerentes autoritários e centralizadores tornarem-se líderes cooperantes do fluxo de eventos que permitem a evolução contínua, reduzindo o risco de estagnação de certos pontos do sistema organizacional.

Por um lado, chegamos novamente às considerações de Margaret Wheatley que diz que, para viver num mundo quântico, para “tecer aqui e ali com facilidade e graça”, é necessário transformar aquilo que fazemos. “Teremos de parar de descrever tarefas e dedicar-nos a facilitar o processo. Precisamos adquirir conhecimentos sobre como construir relacionamentos, como alimentar o crescimento e como desenvolver as coisas. Todos nós vamos precisar de melhores capacidades para ouvir, para comunicar e para facilitar grupos, porque são esses os talentos que criam relacionamentos sólidos. Sabe-se bem que a era do indivíduo agressivo foi substituída pela era do integrante da equipe. Mas isso é apenas o começo. O mundo quântico demoliu o conceito do indivíduo desvinculado. Na vasta rede de conexões universais, um número cada vez maior de relações espera por nós”.

Por outro lado, vemos Danah Zohar dizer que há um caminho evidente para que se busque uma organização baseada nessas metáforas quânticas: o diálogo, e estabelece seis pontos a serem observados: 1) Descobrir, no lugar de saber, procurando-se investigar junto com o outro, ao invés de confrontar “certezas” pessoais; 2) Perguntar sem impor respostas. No lugar de ensinar, estimular a exploração de possibilidades novas; 3) Partilhar e não ganhar apenas, afinal, não existe ponto de vista melhor, o que há são propostas; 4) Igual, não superior, pois todas as posições são válidas e todos

devemos aprender com todos; 5) Reverência e não poder. Deve-se evitar a imposições de idéias para que se instaure a gratidão pela riqueza de cada experiência; 6) Escutar. É pelo diálogo que se exploram novas possibilidades.

### **Prigogine: para além do determinismo**

Para concluir, devemos compreender nossa dificuldade de levar em conta o paradoxo como um legado constituinte do pensamento ocidental que desenvolveu, durante séculos, uma lógica, às vezes irreduzível, de ver o mundo. Adotamos o determinismo como um conforto diante das crises existenciais, baseados em dogmas, crenças e princípios restritos e estagnantes.

O que temos atualmente, explica Ilya Prigogine, prêmio Nobel de Química e professor da Universidade Livre de Bruxelas, é uma descrição mediana que se situa entre duas representações alienantes: de um lado, um mundo determinista e do outro, um mundo arbitrário submetido ao acaso. Ao sustentar que as leis não governam o mundo nem tampouco são regidas pelo acaso, Prigogine diz que essas leis físicas correspondem a uma nova forma de inteligibilidade expressas por representações probabilísticas. Tais leis estão associadas à instabilidade tanto no nível microscópico quanto no nível macroscópico e descrevem a possibilidade dos eventos sem reduzi-los a conseqüências dedutíveis ou previsíveis de leis deterministas.

Mas, como o determinismo não se limita às ciências e sim, mantém-se no centro do pensamento ocidental desde as origens racionalistas dos pré-socráticos, pergunta Prigogine: como conceber a criatividade humana ou como pensar a ética num mundo determinista? Situando-nos no ponto de partida de uma nova racionalidade, que não mais identifica ciência e certeza, probabilidade e ignorância, responde Prigogine, e acrescenta: "Assistimos ao surgimento de uma ciência que não mais se limita a situações simplificadas, idealizadas, mas que nos põe diante da complexidade do mundo real, uma

ciência que permite que se viva a criatividade humana como a expressão singular de um traço fundamental comum a todos os níveis da natureza”.

### Referências

CAPRA, Fritjof. **As conexões ocultas:** ciência para uma vida sustentável. São Paulo: Cultrix, 2002.

BAUER, Ruben. **Gestão de mudanças:** caos e complexidade nas organizações. São Paulo: Atlas, 1999.

WEATLEY, Margaret J. **Liderança e a nova ciência:** aprendendo organização com um universo ordenado. São Paulo: Cultrix, 1996.

PREDEBOM, José. **Criatividade:** abrindo o lado inovador da mente. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1998.

PRIGOGINE, Ilya. **O fim das certezas:** tempo, caos e as leis da natureza. São Paulo: Editora da Univesidade Estadual Paulista, 1996.

GARDNER, Howard. **Arte, mente e cérebro:** uma abordagem cognitiva da criatividade. Porto Alegre: ArtMed, 1999.