

V!RUS

Sistema.System | Revista do Nomads.usp - Nomads.usp journal - issn 2175-974x | sem 01-10

O Pensar Complexo: construção de um novo paradigma

Nelson Fiedler Ferrara

Físico, Doutor em Física, pesquisador em ensino da Física Contemporânea e em abordagens complexistas em Educação. Professor Associado do Instituto de Física da Universidade de São Paulo - USP.

COMO CITAR ESSE TEXTO: FIEDLER-FERRARA, N. **O pensar complexo: construção de um novo paradigma**. In V!RUS. N. 3. São Carlos: Nomads.usp, 2010.

Resumo

Complexidade é um termo que, nas últimas décadas, tem designado uma larga gama de procedimentos e abordagens para tratar problemas em ciência. Mais recentemente, eles têm sido empregados em muitas áreas do conhecimento. De uma maneira geral, em complexidade busca-se percorrer o difícil caminho da simplicidade (reducionismo) e causalidade estrita, até uma melhor representação do real, isto é, das coisas do mundo. Muitos acreditam, entre os quais este autor, que o pensar complexo possa consistir na base de um novo paradigma em ciência. Neste texto, longe de esgotar-se o tema, apresentam-se alguns aspectos desse pensar, incluindo considerações de natureza conceitual, epistemológicas e aplicações. Ele se presta como um primeiro guia para exploração. Por isso, não serão fornecidas referências para aprofundamento ao longo do texto. Elas aparecerem no final, agrupadas por tema ou por autor, à moda de lugares para serem visitados durante uma viagem de exploração.

Preliminares

O pensar complexo preocupa-se em refletir a respeito de fenômenos onde interagem muitos fatores, onde se combinam princípios de regulação e de desequilíbrio, onde comparecem contingência e determinismo, criação e destruição, ordem e desordem, onde podem ser identificados níveis de organização e dinâmicas não-lineares marcadas por retroações entre esses níveis.

Para se compreender esses níveis de organização e retroações, pode-se exemplificar com a vida de um animal. Ela pode ser pensada, de forma simplificada, em três níveis: um largo ou superior (o animal como um todo), um nível intermediário (órgãos), e um nível mais básico ou inferior (química do DNA). Nesse caso, um nível superior não pode ser inteiramente explicado separando os elementos que o compõem e interpretando as suas propriedades na ausência das interações que unem os elementos e esses níveis. Ou seja, a história do sistema, isto é, a vida do animal, é irreduzível a fatores estruturais.

O pensar complexo não afirma que "tudo é complexo", sinônimo de "não se pode compreender". Não é um pensamento da imprecisão, da incerteza, apesar de incluir a imprecisão e a incerteza. A sua finalidade é servir de base para construir conceitos e metodologias – utensílios de pensamento, reflexão e ação no mundo – para articular saberes especializados. Ele não forma uma "teoria acabada", mas sim um equipamento conceitual em curso de elaboração.

O pensar complexo não é um pensamento "holístico" que privilegia o global sobre a análise das partes, dos seus componentes. Ele pretende articular o todo com as partes, o global e o particular num ir e vir incessantes.

A complexidade não é complicação. Um automóvel é uma máquina bastante complicada, mas desmontável num conjunto finito de peças. Por outro lado, um organismo vivo ou um fenômeno histórico são complexos, no sentido que não podem ser decompostos e reconstruídos a partir de elementos simples e independentes, sem levar em conta as retroações entre níveis de organização.

Um pouco da história

Os "objetivos" do conhecimento científico, até a metade do século XX, eram a descoberta das leis necessárias e universais da natureza numa conexão reducionista. Majoritariamente, imaginava-se ser sempre possível reduzir as explicações das propriedades de um sistema constituído por um grande número de unidades elementares interagentes ao conhecimento das propriedades simples dessas unidades. A partir dos anos sessenta do século passado, principalmente, ou mesmo a partir da década anterior, observa-se que sistemas estruturalmente idênticos podem manifestar comportamentos diferentes sob condições diversas. Começa a ocorrer, por assim dizer, o que alguns autores chamam de renúncia à prioridade epistemológica das categorias simplicidade, ordem e regularidade, a favor de categorias como complexidade, desordem e caoticidade. Note-se que se fala em termos de "renúncia à prioridade epistemológica", o que não significa que simplicidade, ordem e regularidade sejam suprimidas, mas sim incorporadas numa moldura epistemológica mais larga.

Em particular, verifica-se ser possível um comportamento não previsível (caótico) a partir de modelos bastante simples (poucos graus de liberdade) representados por regras não lineares precisas (sistemas determinísticos): é o que se chama caos determinístico. Cai irremediavelmente o mito fundamental da ciência dos oitocentos: a previsibilidade da natureza.

A emergência do pensar complexo ocorre um pouco antes, nos anos trinta do século passado, na contraposição de duas abordagens no estudo dos organismos vivos: a biologia evolutiva (herdeira da história natural) e a biologia funcional. Essa última é de cunho reducionista e tenta explicar os fenômenos biológicos a partir de eventos que se verificam no nível molecular. Ela tende a reduzir a biologia à química e à física da molécula. A biologia evolutiva - da qual emergem as idéias de complexidade - trata os organismos vivos como entidades indivisíveis. As suas particularidades específicas emergem apenas no nível da totalidade e não são dedutíveis, senão alguns aspectos, da análise das subunidades constituintes.

Nas décadas seguintes, ocorrem desenvolvimentos que vão constituir as bases do pensar complexo, resultado da interseção de várias teorias. Nos anos quarenta, a cibernética, a teoria da informação e a teoria geral de sistemas vão fornecer as bases de uma teoria da

organização. Nos anos setenta, os trabalhos do físico-químico Ilya Prigogine (estudo de sistemas abertos longe do equilíbrio), do matemático John von Neumann, do físico Heinz Von Foerster e do médico e filósofo Henri Atlan (ordem a partir do ruído) vão fornecer os elementos de uma teoria da auto-organização. Nos anos setenta e oitenta, a teoria do caos determinístico, além de conciliar determinismo e imprevisibilidade, favorecendo uma nova visão dos processos, fornecerá um arcabouço conceitual e ferramentas matemáticas originais e poderosas para tratar fenômenos da natureza e da sociedade, os quais, até então, não se compreendiam bem. Essas teorias vão constituir os fundamentos do pensar complexo.

A complexidade do mundo e dos modelos do mundo

A complexidade fornece uma imagem nova da natureza e da sociedade. À visão de um universo concebido como um mecanismo de relógio opõe-se aquela de um ser vivo, ao mesmo tempo mais instável e imprevisível, mas também mais aberto e criativo.

As ciências da natureza utilizam largamente modelos para complexidade. Uma parte significativa dos conceitos, hoje disponíveis, foram inicialmente desenvolvidos em física, particularmente fluidos e *lasers*, na abordagem de sistemas de muitas partículas longe do equilíbrio termodinâmico. Com efeito, algumas das manifestações do pensar complexo puderam ser percebidas por uma mudança de enfoque nos tópicos tratados em física da matéria condensada a partir dos anos sessenta, antes mais preocupada com gases e sólidos com estruturas regulares e composição fixa, depois refletindo a respeito de sistemas amorfos e líquidos.

Além de muitas aplicações em física, os modelos para complexidade são utilizados em outras ciências da natureza. Em química, por exemplo, utilizam-se conceitos da teoria do caos e de auto-organização no estudo de reações químicas oscilantes, com emergência de padrões espaço-temporais complexos. Em biologia e ecologia, constroem-se modelos não-lineares bastante sofisticados para dinâmica de populações, nos quais variabilidade microscópica (fertilidade e longevidade) soma-se à aleatoriedade (nascimentos e mortes) e mutações para produzir dinâmicas nos quais esses fatores são, ao mesmo tempo, causas e produtos da evolução. Modelos bastante sofisticados são também feitos em epidemiologia e imunologia, onde vários fatores são levados em conta, reproduzindo comportamentos complexos e resultados aplicáveis ao mundo real. Em medicina, particularmente no estudo de atipias cardíacas, através da análise de eletrocardiogramas, e de problemas neurológicos, através do estudo de sinais eletroencefalográficos de pacientes epiléticos, utilizam-se conceitos e métodos da teoria do caos determinístico, ocorrendo, em algumas situações, emergência de auto-organização em larga escala. Em ciências neurais, com a construção de modelos para dinâmica cerebral, têm-se se

verificado enormes progressos nas últimas décadas.

Nas ciências do homem, as aplicações são mais recentes, mas não menos estimulantes. Numa perspectiva complexista, a economia, por exemplo, corresponde a uma dinâmica não-linear gerada por uma multiplicidade de forças em interação (papel do Estado, da técnica, ação de grupos sociais, cultura etc.). A dinâmica tanto pode convergir criando padrões auto-organizados como destruir estruturas regulares. Nesses processos, existem momentos de estabilização, de retroação (positiva ou negativa), de desestabilização ou de bifurcação, de pólos de desenvolvimento desiguais, etc.. Utiliza-se a teoria do caos em modelos de crescimento, de crise ou de flutuação. Ao invés de considerar o mercado como um sistema auto-equilibrado (modelo neo-clássico), procura-se, ao contrário, se não existem componentes instáveis nas bolsas de valores ou outros tipos de mercado. Nesse caso, de acordo com conceitos da teoria do caos, variações ínfimas na evolução das cotações ou o surgimento de um boato, podem levar o mercado a um estado de desequilíbrio, desde que uma massa crítica seja alcançada.

Nas ciências da gestão há tentativas de utilizar modelos da sistêmica e complexidade para compreender mudanças nas organizações (por crise ou por regulação), bem como problemas de decisão e as aplicações práticas deles decorrentes. Fazem-se também estudos de risco na sociedade, no sentido do eventual dano decorrente de uma decisão: por exemplo, riscos de investimentos em regiões com programa de desenvolvimento, riscos no sistema bancário, riscos de inovação tecnológica, riscos na circulação viária etc.. No sistema jurídico, consideram-se os tribunais, a legislação, a jurisprudência e acomodações com o sistema político, fazendo-se uma análise sistêmica numa perspectiva complexista como processo auto-referente, em cuja dinâmica há retroações recíprocas entre níveis superiores e inferiores numa lógica anelar, o que é, diga-se de passagem, característica típica de sistemas complexos.

Em psicopatologia, há tentativas de interpretar os problemas psíquicos como uma articulação entre o sistema físico, emocional e social na formação da personalidade. Em geografia e sócio-economia, há tentativas de interpretar o "sistema mundial" como uma arquitetura complexa onde se apresentam vários níveis de organização (local, municipal, nacional, internacional), vários sistemas de ação (monetário, econômico, geopolítico, demográfico, ecológico, ideológico). Trata-se de identificar os subsistemas para, em seguida, reconstruírem-se interconexões.

Em previsão, não se trata mais de estender as tendências em curso (crescimento econômico ou demográfico) para "prever" o futuro. Os modelos atuais são mais próximos da meteorologia do que da balística. Admitem-se cenários com bifurcações, com

transições, estados estáveis, interações entre níveis políticos, econômicos e monetários. Isso não significa, entretanto, "que tudo seja possível" e que, portanto, nada seja previsível: "o futuro é o encontro do determinismo, do acaso e da vontade" (J. Lesoume). Trata-se de buscar um equilíbrio entre vínculos fortes, as tendências mais incertas e os momentos de mudança importantes possíveis. Traçam-se, então, os contornos de vários cenários, mais ou menos prováveis.

Na sociologia, o pensar complexo aparece como um método estimulante para integrar as mutações teóricas e inovações dos últimos decênios, permitindo um melhor conhecimento do social, domínio, por excelência, da interpenetração. Certos autores tentam explicar o fato da sociedade apresentar uma dinâmica relativamente ordenada e regular, apesar de ser constituída por indivíduos autônomos. Esses autores utilizam as idéias de auto-organização do mercado (Adam-Smith) e as teorias de auto-organização.

Em educação, há de se reconhecer e reafirmar o pioneirismo do pensar já complexista de Piaget. Mais recentemente, alguns autores têm se preocupado em construir metodologias e *curricula* que possibilitem a transição de um pensamento simples para um complexo. Busca-se, dessa forma, uma perspectiva sistêmica do mundo, que permita superar visões baseadas em causalidade estrita e linear, muitas vezes presentes na *praxis* escolar e nos livros didáticos, e que responda à necessidade de superação do processo de fragmentação do conhecimento. Interdisciplinaridade, nesse contexto, passa a ter, no processo de aprendizagem, um significado mais preciso. Em particular, a seleção e a organização de conteúdos escolares a partir de uma perspectiva sistêmica-complexista torna-se essencial e tem sido tratada por alguns autores.

Orientações nos planos teórico e epistemológico

No plano teórico, quatro pontos balizam as orientações complexistas: a sistêmica, que evita as fraquezas das abordagens mecanicistas da causalidade estrita; a consideração de uma historicidade irreversível e não-linear, feita de rupturas e de continuidades, afastando-se, assim, da visão estruturalista; a pragmática, como evidenciadora dos atores, das ações e das intencionalidades, permitindo evitar o impasse intelectual que reduz os homens ao estado de agentes inertes de seus futuros; a hermenêutica, no sentido preciso do exame de toda atividade humana como conjunto de discursos e significações, abrindo novas perspectivas num domínio antes bloqueado pelo primado das forças materiais.

Do ponto de vista epistemológico, o pensar complexo se caracteriza por três atitudes fundamentais: a insistência sobre a necessidade de esforços teóricos vigorosos em face de um empirismo e um ecletismo ainda muito presente na vida quotidiana das pesquisas: deve-se compreender a necessidade de inventar-fabricar objetos discursivos e conceituais

inéditos; a orientação construtivista que, ao invés do positivismo, conduz na direção da imaginação conceitual; a reintegração da produção de conhecimento na sociedade, evitando-se uma epistemologia excessivamente abstrata afastada da sociologia e da história das ciências (explicar o social pelo social).

Pensar complexo: princípios

Nesta e na próxima seção, sigo os rastros do pensamento do antropólogo Edgar Morin. O pensar complexo se apresenta como um edifício com vários andares. Conforme expusemos antes, a base é formada a partir de três teorias – informação, cibernética e teoria de sistemas – e inclui ferramentas necessárias para uma teoria da organização. Segue-se um segundo andar com as contribuições de von Neumann, von Foerster e Prigogine, com as idéias de auto-organização e os conceitos da teoria do caos. A esse edifício podem-se acrescentar elementos suplementares na forma de três princípios, propostos por Morin [1]: o Princípio Dialógico, o Princípio de Recursividade Organizacional e o Princípio Hologramático.

Através do Princípio Dialógico, são unidos complementarmente dois processos ou conceitos antagônicos que deveriam se recusar um ao outro, mas que são indispensáveis e indissociáveis para compreender uma dada realidade. Unem-se, assim, noções antagônicas para pensar os processos organizadores, produtivos e criativos no mundo complexo. A noção de dialógica em Morin envolve complementaridade, antagonismo e concorrência entre os elementos que estão em dialógica. A noção de dialógica amplia aquela de dialética. Exemplificam pares em dialógica: ordem/desordem, junção/disjunção, universal/específico, etc..

O Princípio de Recursividade Organizacional vai além de um Princípio de Retroação da teoria de sistemas e da cibernética (*feed-back*). A noção de regulação, presente no Princípio de Retroação, é ampliada pela de auto-produção e auto-organização. Trata-se, por assim dizer, de um anel gerador no qual os produtos e os efeitos são, eles mesmos, criadores daquilo que os produz. Dessa maneira, por exemplo, nós, indivíduos, somos produtos de um sistema de reprodução ancestral, mas esse sistema não pode reproduzir a menos que nós mesmos sejamos os produtores. Os seres humanos produzem a sociedade dentro dela mesma e pelas suas interações, mas a sociedade produz a humanidade desses indivíduos fornecendo-lhes a linguagem e a cultura.

O Princípio Hologramático coloca em evidência o aparente paradoxo de certos sistemas, onde não somente a parte está no todo, mas o todo está na parte. Por exemplo, cada célula é parte de um todo – o organismo global – mas o todo está também na parte: a totalidade do patrimônio genético está presente em cada célula independentemente. Da mesma maneira, o indivíduo é parte da sociedade mas a sociedade está presente em cada

indivíduo através da linguagem, da cultura e de suas normas.

Pensar complexo e ciência clássica

O pensamento científico clássico foi construído sobre três pilares: a ordem, a separabilidade e a razão.

O pensar complexo, longe de substituir a idéia de ordem pela de desordem, ou vice-versa, pretende colocar em perspectiva dialógica ordem, desordem e organização (dialógica no sentido explicitado na seção precedente). As idéias de ordem e desordem deixam de se excluir absolutamente; ordem organizacional pode nascer a partir da turbulência e processos desordenados podem nascer em contextos deterministas.

A noção de separabilidade corresponde ao princípio cartesiano segundo o qual, para estudar um fenômeno, devemos decompô-lo em elementos simples. Uma consequência disso é a idéia de que a realidade objetiva pode ser considerada sem levar em conta o observador. Entretanto, já a física quântica mostrou, através do princípio da incerteza de Heisenberg, que o observador interfere na observação. O pensar complexo não substitui a separabilidade pela inseparabilidade, mas chama, uma vez mais, uma dialógica que utiliza o separável, mas o insere no inseparável.

O terceiro pilar da razão clássica repousa sobre os princípios de indução, de dedução e de identidade, isto é, de recusa à contradição. O primeiro golpe, contra a indução, foi dado por Popper: a indução tem um valor heurístico, mas não tem valor de prova absoluta. Exemplificando, não se pode induzir uma lei universal como "todos os cisnes são brancos" do fato de jamais se ter visto um cisne negro. O golpe na dedução foi dado pelo teorema da incompletude de Gödel, que mostra que um sistema dedutivo formalizado, a matemática, não pode encontrar nele mesmo a demonstração de sua validade. O mesmo é mostrado por Tarski na lógica semântica, onde se conclui que nenhum sistema dispõe de métodos ou maneiras suficientes para se auto-explicar.

Finalmente, com relação à incorporação da contradição nas teorias científicas, a física incorpora a dupla natureza contraditória da partícula (onda/corpúsculo). O pensar complexo chama, não o abandono da lógica indutiva-dedutiva-identitária, mas uma combinação dialógica entre sua utilização segmento por segmento e sua transgressão onde ela deixa de ser operacional.

Um novo paradigma em construção

Concluindo, pode-se afirmar que os desenvolvimentos científicos, nas últimas décadas, têm reservado algumas surpresas. Por exemplo, sistemas complexos compostos por muitas partes podem, sob determinadas condições, mostrar comportamento ordenado. Por outro lado, sistemas bastante simples podem mostrar um comportamento caótico complexo. Resultados como esses e tantos outros presentes na ciência contemporânea, ao

lado das primeiras tentativas de revisitação das ciências do homem a partir de um ponto de vista complexista, fornecem as bases da construção de um novo paradigma científico. Na verdade, para que não se perca de vista a visão da construção de conhecimento como processo histórico a várias mãos, deve-se enfatizar as premissas de um pensar complexo na história da filosofia ocidental, como apropriadamente assinala Edgar Morin. No grego Heráclito, já está presente a necessidade de se associar um conjunto de termos contraditórios para afirmar uma verdade. Em Pascal, nos seus "Pensamentos", o filósofo francês afirma: "Toda coisa, sendo ajudada e ajudante, causada ou causadora, eu tenho por impossível conhecer o todo sem conhecer as partes e conhecer as partes sem conhecer o todo". Kant coloca em evidência os limites ou "aporias da razão". Spinoza já considerava a auto-produção do mundo por ele mesmo. Hegel, com sua dialética, anuncia a dialógica. Nietzsche levanta a primeira crise nos fundamentos da certeza. Adorno, Horkheimer e Lukács, da Escola de Frankfurt, trazem elementos da crítica da razão clássica, também ingredientes de um pensamento da complexidade.

O pensar complexo faz um ir e vir incessante entre a certeza e a incerteza, entre o elementar e o global, entre o inseparável e o separável. Na construção do novo paradigma, não se trata de abandonar os princípios da ciência clássica – ordem, separabilidade e lógica indutiva-dedutiva-identitária – mas de integrá-los num esquema que seja, ao mesmo tempo, mais largo e mais rico. Não se trata também de abandonar o reducionismo ou a causalidade estrita, mas de utilizá-los quando isso não macular a compreensão do objeto ou sistema estudado, compondo-o com seus aspectos complexos, quando presentes. Não se trata de negar a disciplinaridade e a especialização, em confronto com a multidisciplinaridade ou a interdisciplinaridade, mas de utilizar cada uma delas quando o problema a ser tratado assim o exigir. Não se trata de opor um holismo global a um reducionismo sistemático; trata-se de ligar o concreto das partes à totalidade. Trata-se de articular os princípios de ordem e desordem, de separação e junção, de autonomia e dependência, que estão em dialógica, isto é, são complementares, concorrentes e antagônicos.

Roteiros de viagem pela complexidade: uma bibliografia

Como num guia de viagens, é sempre difícil propor um primeiro lugar a ser visitado. No máximo, fornecem-se algumas opções de roteiros. Cabe ao viajante escolher uma delas. Permanece, contudo, a impressão, no viajante, de que talvez uma outra opção teria sido mais interessante, ou então, quando o tempo não permite tudo ver, fica o desejo e a emoção do futuro retorno. A situação aqui não é diferente, em particular por se tratar a complexidade de uma teoria em construção e com utilização em muitas áreas do conhecimento. Algumas vezes, essas aplicações não ocorrem em áreas disciplinares

tradicionais, mas em abordagens multidisciplinares ou mesmo interdisciplinares. Isso tudo dificulta. O viajante experimenta a insegurança de penetrar em regiões nebulosas, onde identifica alguns elementos, mas outros lhe são obscuros. Ao guia, talvez, caibam algumas cautelas: não buscar atalhos que lhe são desconhecidos, deixar ao viajante a escolha de caminhos, alternativas, permitir-lhe participar da construção do seu caminhar. É nesse sentido que a bibliografia aqui proposta é fornecida. Ela é introdutória e não tem a preocupação de selecionar as últimas obras editadas. Tomei apenas o cuidado de que fosse relevante e correta.

Imagino algumas portas de entrada para a complexidade. Uma delas é pela epistemologia, pelo método. Há viajantes que consideram esse caminho seguro. Outros, porém, por formação ou por temperamento, julgam-no demasiado afastado do mundo real. Apesar de não pensar dessa maneira, eu compreendo essa posição, principalmente levando-se em conta a formação que temos oferecido aos nossos alunos, onde a epistemologia está praticamente ausente dos cursos universitários.

A entrada pela epistemologia pode-se fazer por dois grandes autores. Um deles, já citado neste texto, é Edgar Morin. Esse notável intelectual, em uma ocasião, respondendo a uma afirmação minha de que, a meu ver, a sua importância na construção das bases da complexidade é similar àquela conferida a Descartes na ciência clássica, disse-me o professor, sem falsa modéstia: "É com essa expectativa que trabalho". A obra de Morin é vasta e de qualidade. Sua contribuição mais importante está no monumental "O Método", obra escrita ao longo de vários anos e editada em quatro volumes (um quinto volume já foi editado na França):

MORIN, E. **O Método - I. A natureza da natureza** (1977); **II. A vida da vida** (1980); **III. O conhecimento do conhecimento** (1986); **IV. As idéias: habitat, vida, costumes, organização** (1991); **V. A humanidade da humanidade: a identidade humana** (2002); **VI. Ética** (2004). Porto Alegre: Sulina. O primeiro volume foi traduzido por Ilana Heinberg, o segundo por Marina Lobo, os demais por Juremar Machado da Silva. (As datas indicadas são dos originais em francês, publicados pela *Editions du Seuil*).

Um outro livro de Morin, anterior ao Método, é de leitura fluente e apresenta um esboço dessa sua futura obra, expondo com bastante clareza os elementos centrais de seu pensamento:

MORIN, E. **Ciência com consciência**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1966. (Tradução: Maria D. Alexandre e Maria Alice Sampaio Dória). 344p.

Eu gostaria de citar ainda três livros de Morin. Um deles é autobiográfico ("Meus

demônios"), um outro se ocupa da importante questão da preservação do meio ambiente e as relações com a complexidade ("Terra-Pátria") e o terceiro é fruto da sensibilidade e inteligência do autor, expressas em três palestras ("Amor, poesia e sabedoria"):

MORIN, E. **Meus demônios**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil 1977. (Tradução: Leneide Duarte e Clarisse Meireles). 274p.

MORIN, E., KBRN, A.B. **Terra-Pátria**. Sulina: Porto Alegre, 1995. (Tradução. Paulo Neves). 189p.

MORIN, E. **Amor, poesia e sabedoria**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. (Tradução: Edgard de Assis Carvalho). 68p.

O outro autor que permite entrar na complexidade pela porta da epistemologia é Humberto Maturana, biólogo chileno. Defensor de uma visão não-representacionista da cognição, Maturana, junto com seu antigo aluno, o não menos célebre Francisco Varela, escreveram um livro ("A árvore do conhecimento") magnífico no sentido de apresentar a questão da cognição numa nova vertente epistemológica. Conceitos como estrutura e organização desempenham um papel central na visão desses autores, bem como a autopoiese (auto-produção). Esse último conceito tem sido utilizado por alguns autores trabalhando em educação, particularmente ao abordarem a auto-formação nos processos educacionais. Os outros dois livros indicados reúnem vários textos de Maturana, sobretudo sobre autopoiese, sobre aprendizagem, linguagem e cognição:

MATURANA, H.; VARELA, F. J. **A árvore do conhecimento**. São Paulo: Athena, 2001. (Tradução: Humberto Mariotti e Lia Diskin). 283p.

MATURANA, H. **Da biologia à psicologia**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998. (Tradução: Juan Acuna Llorens). 199p.

MATURANA, H., VARELA, F. J. **De máquinas e seres vivos**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997. (Tradução: Juan Acuna Llorens). 138p.

Uma outra porta de entrada para a complexidade é pelas ciências cognitivas. Nessa direção, é significativa a contribuição de Francisco Varela. Esse biólogo chileno, falecido recentemente, foi uma mente prodigiosa. Suas contribuições colaboraram para abrir caminhos na renovação das ciências cognitivas ("*Autonomie et connaissance*", "*De cuerpo presente*"), com trabalhos em biologia, mas também em pesquisas onde interagiu com físicos. Em ciências cognitivas, Varela propôs uma nova vertente, além da cognitivista e da conexionista: a alternativa da enação ou alternativa desvelante, que é não-representacionista ("*Invitation aux sciences cognitives*"). Essa visão de cognição recoloca a questão das formas de organização humana numa perspectiva criativa, histórica, corporal, sensível ao contexto, com conseqüências importantes, em particular, para a

educação. Nos últimos anos, a ciência cognitiva de Francisco Varela vinha se aproximando das idéias de uma fenomenologia Husserliana naturalizada, isto é, buscava Varela a aproximação das concepções desse filósofo àquelas das ciências da natureza ("*Naturalizing phenomenology*"). As preocupações, parte do legado de Varela, incluem também, numa moldura exploratória arrojada, o diálogo do pensamento ocidental com as tradições de ensino do oriente, representadas pelo budismo, taoísmo e confucionismo e, nessa perspectiva, o biólogo produziu reflexões sobre ética ("*Sobre a competência ética*"):

VARELA, F. J., ROSCH, E. **De cuerpo presente**. Barcelona: Gedisa, 1992. (Tradução: Carlos Gardine). 318p.

VARELA, F. J. **Invitation aux sciences cognitives**. Paris: Seuil, 1996. (Tradução: Pierre Lavoie). 125p. (Tradução do inglês: **Cognitive science: a cartography of current ideas**, 1988).

VARELA, F. J. **Autonomie et connaissance**. Paris: Seuil, 1989. (Tradução: Paul Bourguine e Paul Dumouchel). 247p. (Tradução do inglês: **Principles of Biological Autonomy**)

VARELA, F. J. **Sobre a competência ética**. Lisboa: Edições 70, 1992. (Tradução: Artur Morão). 104p.

>PETITOT, J., VARELA, F. J., PACHOUD, B., ROY, J-M. (Org.) **Naturalizing phenomenology: issues of contemporary phenomenology and cognitive sciences** Stanford: Stanford University Press, 1999. 641p.

Dois cibernéticos de primeiro momento, o físico austríaco Heinz von Foerster e o antropólogo e etólogo americano Gregory Bateson, devem ser incluídos nesta bibliografia. As contribuições de von Foerster dizem respeito principalmente às idéias de auto-organização, que ele relacionou com problemas importantes na nascente ciência cognitiva (estamos no final dos anos quarenta e início dos anos cinquenta). Para esse físico nascido em 1911, as questões sobre a natureza da vida e sobre a natureza da cognição se interligam. Para ele, o problema consiste em explicar a atividade de um ser vivo em um ambiente incerto e não a explicação do comportamento finalizado (o organismo estudado pela fisiologia). Bateson se propunha fundar uma epistemologia do ser vivo. Suas pesquisas se colocavam como busca para retrair aquilo que diferencia os vários níveis de organização dos seres vivos e analisar as propriedades que caracterizam os sistemas mentais e que permitem classificá-los. Em suma, descobrir de que modo a complexidade da estrutura e a complexidade das funções se refletem umas sobre as outras. Bateson foi também o introdutor da idéia de retro-alimentação nas ciências sociais e o criador da teoria do duplo vínculo ou dupla ligação como subsídio para explicar a esquizofrenia. Bateson e von Foerster têm, na perspectiva desta bibliografia, não só um papel histórico,

mas também aquele de terem fornecido contribuições extremamente poderosas e originais, cujos desdobramentos não foram ainda totalmente explorados:

VON FOERSTER, H. **Sistemi che osservano**. Roma: Casa Editrice Astrolábio, 1987 (Tradução: Bernardo Draghi). 243p. (Tradução do inglês **Observing systems**).

BATESON, G. **Vers une ecologie de l'esprit**. 2 Vols. Paris: Seuil, 1977,1980 (Tradução, Feraí Drosso, Laurencine Lot e Eugène Simion). 299p. (Vol. 1) 286p. (Vol. 2). (Tradução do inglês **Steps to an ecology of mind**).

Uma outra porta de entrada para o viajante complexista é através de dois autores já citados neste texto. Um deles é Ilya Prigogine, físico-químico nascido na Rússia, com posterior cidadania belga, prêmio Nobel de Química de 1977. Prigogine é um brilhante pesquisador, mas também excelente escritor de textos para divulgação de suas idéias ao grande público. Seus livros de divulgação ("A nova aliança", "Entre o tempo e a eternidade", "*Order out of chaos*") são extremamente estimulantes mas, apesar de incluir conteúdos cientificamente corretos, trazem o perigo de possíveis generalizações apressadas por parte de leitores não-especialistas. De fato, têm ocorrido leituras apressadas de algumas afirmações de Prigogine, principalmente por pesquisadores de ciências do homem, levando a generalizações nem sempre corretas. Contudo, os leitores com formação básica em ciências exatas têm condições do melhor proveito da escritura prigogineana. Ao lado desses livros de divulgação, incluo um outro ("*Exploring complexity*") mais técnico, escrito por Prigogine em colaboração com Nicolis, legível por profissionais e estudantes das ciências exatas, uma vez que utiliza matemática universitária elementar:

PRIGOGINE, I. **A nova aliança**. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, 1977.

PRIGOGINE, I., STENGERS, I. **Entre o tempo e a eternidade**. Lisboa: Gradiva, 1990. (Tradução: Florbela Fernandes e José Carlos Fernandes). 267p.

PRIGOGINE, I., STENGERS, I. **Order out of chaos: man's new dialogue with nature**. New York: Bantam, 1984.

NICOLIS, G., PRIGOGINE, I. **Exploring complexity**. New York: W.H.Freeman, 1989. 313p.

Um outro autor, citado antes neste texto, em conexão com as questões de auto-organização e ruído, é Henri Atlan. Esse médico, um intelectual bastante original em suas propostas, fala a partir das ciências biomédicas mas com um viés bastante ligado aos conceitos da teoria da informação. Além disso, seus temas e interesses são mais amplos, incluindo a educação, a psicologia e a filosofia, particularmente a ética. Os três livros que

sugiro são pouco técnicos e legíveis. Um deles ("Entre o cristal e a fumaça"), é o mais conhecido do autor:

ATLAN, H. **Entre o cristal e a fumaça**. São Paulo: Jorge Zahar Editor, 1992.

ATLAN, H. **Com razão ou sem ela: intercrítica da ciência e do mito**. Lisboa: Instituto Piaget, s. d. (Tradução: Fátima Leal Gaspar e Carlos Gaspar). 397p.

ATLAN, H. **Tudo, não, talvez: educação e verdade**. Lisboa: Instituto Piaget, s.d. (Tradução: Fátima Leal Gaspar e Carlos Gaspar). 231p.

Há, contudo, viajantes para os quais os percursos das chamadas ciências duras, como a física e a química, são mais instigantes. Para esses, sugiro roteiros onde se divisam caminhos em aclave, porém transponíveis. Com efeito, neles há alguma dificuldade matemática e, sobretudo, um universo conceitual mais especializado. Não constituem material de divulgação científica. Devem ser lidos por aqueles que estão dispostos a aprofundar a abordagem no âmbito das ciências da natureza e dedicar um tempo significativo. Um desses livros, já citado antes, é "*Exploring Complexity*" escrito por Nicolis e Prigogine. Existe uma excelente monografia recente escrita por Luzzi e Vasconcelos ("Algumas considerações sobre complexidade, auto-organização e informação") na qual podem ser encontradas, além de conteúdos bastante relevantes para a complexidade em física e química, muitas referências e sugestões de leituras, inclusive em outras áreas do conhecimento disciplinar. Um pequeno e valioso artigo do físico e Nobel P. W. Anderson ("*Is complexity physics? Is it science? What is it?*") pode ajudar a esclarecer as idéias de complexidade nas ciências duras. Uma outra sugestão, também bastante técnica, é o livro do físico alemão Haken, que apresenta suas contribuições bastante importantes e elegantes, que resultaram na construção de um aparato teórico aplicável a processos complexos em física, química e biologia:

LUZZI, R., VASCONCELOS, A. **Algumas considerações sobre complexidade, auto-organização e informação**. Campinas: Instituto de Física Gleb Wataghin, 1999. 164p.

ANDERSON, P. W. "Is complexity physics? Is it science? What is it?" **In Physics Today**, July, 1991.

HAKEN, H. **Synergetics: nonequilibrium phase transition and self-organization in physics, chemistry and biology**. Berlin: Springer, 1978.

Há, grosso modo, duas maneiras pelas quais busca-se caracterizar complexidade nas ciências duras. Uma delas é através da construção de medidas sistêmicas para complexidade. Para aqueles que se dedicam a essa vertente, o objetivo é definir uma medida eficiente de complexidade de um objeto, processo ou sistema, sem conhecer seus

detalhes organizativos e funcionais. A complexidade é identificada como informação que falta, necessária para se obter uma explicação completa da formação do sistema e do seu funcionamento. Dois trabalhos podem introduzir o leitor nesse universo. Um primeiro, mais recente e menos técnico ("Medidas sistêmicas e organização"), pode servir como introdução à abordagem. Um segundo, mais técnico ("*Measures of Complexity*"), deve ser lido por quem deseja aprofundamento:

PESSOA JR., O. Medidas sistêmicas e organização. In: Debrun, M; Gonzáles, M.E.Q; PESSOA JR. (Eds). **Auto-organização**. Coleção CLE 18. Campinas: Editora da Unicamp, 1996. Cap. 6, p. 129-161.

PELITE, L., VULPIANI, A. (Eds). **Measures of Complexity**. Berlin: Springer-Verlag, 1988.

A outra maneira pela qual se busca tratar complexidade em ciências duras é através de modelos. Nesse caso, a complexidade é uma propriedade intrínseca independente do conhecimento maior ou menor que um observador externo possa ter dos detalhes do sistema. A complexidade, nessa vertente, não desaparece quando o funcionamento do sistema pode ser reconstruído a partir de suas partes. O objetivo é definir as condições estruturais necessárias para identificar um sistema como complexo. Essas diferentes "definições" são fornecidas por "modelos" para complexidade, aplicáveis, em geral, cada um, a situações e problemas específicos. A teoria do caos determinístico é um desses modelos. Outros são as estruturas dissipativas de Prigogine (que são explicadas no "*Exploring Complexity*" de Nicolis e Prigogine), modelos para dinâmica de populações, modelos de percolação, modelos de vidros de spin. As ideias de autopoiese, de Maturana e de complexidade, a partir do ruído de Atlan, também estão nessa categoria. A teoria do caos determinístico suscita, em geral, bastante interesse. Além disso, este autor trabalhou vários anos nesse tema e, como guia de viagem, não gostaria de deixar de indicar esse percurso. Há bons livros de divulgação científica para a teoria do caos determinístico, como o *best-seller* do jornalista americano Gleick ("*Caos: a criação de uma nova ciência*"), o livro do matemático Ruelle ("*Acaso e caos*") e aquele do físico Bergé ("*Des rythmes au chaos*"). O livro de Glass e Mackey ("*From clocks to chaos*") mostra aplicações de caos em ciências biomédicas utilizando um universo conceitual e matemático sofisticado. Para aqueles que querem aprofundar o estudo de caos determinístico usando formalismo matemático, há o livro que escrevi com Cintra do Prado ("*Caos: uma introdução*"). O tema caos determinístico é fascinante por, pelo menos, três motivos: primeiro, porque modifica profundamente a concepção anterior de que comportamento imprevisível não pudesse conviver com determinismo; segundo, porque os fenômenos caóticos manifestam-se em diversas áreas do conhecimento e na natureza, podendo ser medidos em laboratório;

terceiro, porque é um exemplo de entrelaçamento entre matemática, conceitos e experimentos. Além disso, a teoria do caos determinístico, conforme assinalamos antes, é uma das teorias que dão base ao novo paradigma complexista:

GLEICK, J. **Caos: a criação de uma nova ciência**. Rio de Janeiro: Campus, 1991.

RUELLE, D. **Acaso e caos**. São Paulo: Editora da UNESP, 1993.

BERGE, P. **Des rythmes au chaos**. Paris: O. Jacob, 1994.

GLASS, L., MACKAY, M. C. **From clocks to chaos: the rhythms of life**. New Jersey: Princeton University Press, 1988. 241p.

FLEDLER-FERRARA, N., PRADO, C. P. C. **Caos: uma introdução**. São Paulo: Edgar Blücher, 1994. 402p.

Para o viajante que se interessa por percursos fora das ciências duras, forneço sugestões de leitura em economia ("*The economy as an evolving system*"), em sociologia ("*La cohérence du réel, évolution, coeur du savoir*") e em literatura ("*Chaos and order: complex dynamics in literature and science*"):

ANDERSON, P. W. et al. **The economy as an evolving system**. New York: Addison Wesley, 1988.

LASZLO, E. **La cohérence du réel, évolution, coeur du savoir**. Paris: Gauthier, 1985.

HAYLES, W. K. (Ed.). **Chaos and order: complex dynamics in literature and science**. Chicago: The University of Chicago Press, 1991. 308p.

A educação é uma área privilegiada para a construção do pensar complexo porque complexa é a dinâmica dos processos pedagógicos e complexa é a realidade do mundo onde professores e alunos estão imersos.

Apesar de haver uma forte intuição nessa direção por parte daqueles que trabalham com educação, é também verdade que na ação pedagógica em sala de aula e na seleção e organização de conteúdos escolares, manifestas nos *curricula* e na maioria dos livros didáticos, ainda se está muito longe das mudanças necessárias que permitam superar a fragmentação disciplinar do conhecimento e a apresentação desses conteúdos numa lógica de causalidade estrita, que limita, e na maior parte das vezes impede, retro-alimentações entre conteúdos, procedimentos, abordagens e entre educadores e educandos.

Entretanto, começam-se a construir arcabouços teóricos com o objetivo de dar suporte a ações pedagógicas que levem em conta a complexidade do real e da sala de aula. É forçoso admitir que, quando se fala de mudança de paradigma, educação é um ponto crucial. Afinal, onde, senão na Escola, as bases desse novo pensar começarão a frutificar? Seleccionamos alguns trabalhos recentes em educação utilizando um referencial de base

complexista:

GARCÍA, J. E. **Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares.** Sevilla: Díada, 1988.

ZABALA, A. **Enfoque globalizador e pensamento complexo: uma proposta para o currículo escolar.** Porto Alegre: Artmed, 2002. (Tradução: Ernani Rosa). 248p.

FIEDLER-FERRARA, N., MATTOS, C. **Seleção e organização de conteúdos escolares: recortes na pandisciplinaridade.** In: Vianna, D. M. et al. (Org). Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, VIII 2002, Aguas de Lindóia. São Paulo; Sociedade Brasileira de Física, 2002 (CD-ROM, arquivo: C081_2).

Para finalizar esta bibliografia, ocupo-me agora do viajante que prefere flunar pelas ruas das cidades, pelas praças, pelos campos. Não que esse viajante seja superficial, ao contrário, ele é atento, seu olhar pulsa entre o específico e o geral, entre o pólen quase microscópico da flor e a débil luminosidade da estrela distante, ambos, de repente, obscurecidos pela enorme montanha ou pelo grito feroz de um motorista enraivecido- Para esse viajante, selecionei alguns livros, escritos por diversos autores de áreas disciplinares diferentes, que tratam vários temas ligados ao pensar complexo, configurando ao leitor atento uma polifonia de idéias:

CASTRO, G., ALMEIDA, M. C. (Org.). **Ensaio de complexidade.** Porto Alegre: Sulina, 1998. 271p.

PENA-VEGA, A., NASCIMENTO, E. P. (Org.) **O pensar complexo: Edgar Morin e a crise da modernidade.** Brasília: Garamond, 1999. 200p.

DEBRUN, M., GONZÁLES, M. E. Q., PESSOA JR. (Ed.). **Auto-organização.** Coleção CLE 18. Campinas: Editora da Unicamp, 1996.

NUSSENZVEIG, H. M. (Org.). **Complexidade e Caos.** Rio de Janeiro: Editora UFRJ/COPEA, 1999. 276p.

CARVALHO, E. A., ALMEIDA, M. C., COELHO, N. N., FIEDLER-FERRARA, N., MORIN, E. **Ética, solidariedade e complexidade.** São Paulo: Palas Athena, 1998. 77p.

GREBOGI, C., YORKE, J. A. **The impact of chaos on science and society.** Tokyo, New York, Paris: United Nations University Press, 1997. 401p.

FOGEL, A., VALSINER, J. **Dynamics and indeterminism in developmental and social process.** Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associate Publishers, 1997. 283p.

Considerações finais

Acredito que o pensar complexo possa se constituir no núcleo de uma mudança de paradigma em ciência. Parte significativa da ciência que é hoje feita não atende às

necessidades do nosso tempo. Não o faz porque está sufocada pela especialização excessiva que limita a criatividade. Não o faz porque é regida pela lógica perversa de mercado. Não o faz porque está demasiado afastada do concreto, da complexidade do real. Não o faz porque não tem se ocupado suficientemente em resolver problemas que possam melhorar a condição de vida de centenas de milhões de deserdados e famintos no mundo. Não o faz porque está cega, submetida aos poderosos, porque a maioria dos cientistas tem feito vistas grossas aos problemas sociais e lutam, sobretudo, por prestígio pessoal e recursos para si e para seus projetos, corroborando, algumas vezes, aquilo que o saudoso Maurício Tragtenberg denominou "Delinquência Acadêmica" ou "Traição do Intelectual". Não o faz porque desconsidera os graves problemas de desequilíbrio do meio ambiente causado por um sistema econômico insano.

O pensar complexo, é verdade, traz em seu bojo ferramentas novas e poderosas para tratar os problemas do mundo real. Existe, é verdade, entusiasmo de que esse pensar seja mais aberto às mudanças, à criatividade, ao benefício das dúvidas e incertezas que possam contribuir para reduzir a absurda auto-complacência e cegueira dos poderosos e de seus cúmplices. É, sem dúvida, fascinante e estimulante participarmos de um tempo de mudança de paradigma, depois de vários séculos de hegemonia cartesiana. Vivemos, contudo, uma situação nova. Não se trata de substituir o reinado do cartesianismo pelo reinado complexista, mas de compor harmoniosamente aquilo que viemos aprendendo em diferentes culturas ao longo dos séculos. Mas para quê? Para nos deliciarmos, ainda uma vez, pela nossa inteligência? Festejarmos, ainda uma vez, a supremacia do *homo-sapiens* num universo cujas fronteiras no macroscópico e no microscópico estão se alargando? O que faremos com o *homo-demens* dentro de cada um de nós? Faremos de conta que ele não existe?

Não. Dessa vez precisamos mais do que especialistas e técnicos competentes.

Necessitamos mais do que intelectuais brilhantes. Teremos também de empreender uma profunda mudança em nossas mentes e em nossas atitudes. Essa mudança se faz necessária pela gravidade da situação em que vivemos. É nesse sentido que devemos trabalhar e educar as novas gerações. Nossos esforços devem ser na direção da construção de um novo paradigma – seja ele o complexista ou qualquer outro ao qual nos conduzamos através do processo histórico-cultural – que colabore para a felicidade e a harmonia dos seres, numa relação de amor recíproco e pela natureza. Contudo, estejamos cientes de que esse processo histórico-cultural é produzido a partir de nossas ações. Por isso, fiquemos atentos a elas e à nossa responsabilidade.

[1] Deve-se ter claro que esses princípios, apesar de eu os particularmente apreciar e

utilizar como método, não estão presentes em todas as formulações complexistas. Eles dizem respeito à contribuição específica de Edgar Morin, não sem incluir aportes de contemporâneos e predecessores. Assinale-se que Morin, através de sua monumental obra "O Método" (veja sugestões de leitura no final deste texto), é referência fundamental na área. [[Retornar ao texto](#)]