

A tríade distinção–união–incerteza: os pensamentos de Edgar Morin e de Ilya Prigogine como contribuição à área de ensino de ciências

Lênio Fernandes Levy
Adílson Oliveira do Espírito Santo

RESUMO

No presente artigo, objetiva-se evidenciar e criar relações entre o ideário de Ilya Prigogine e a teoria da complexidade defendida por Edgar Morin, abordando-se também os desdobramentos respectivos na seara pedagógica. Será apresentado o ponto de vista de Prigogine tanto no que pertine ao indeterminismo das leis da natureza quanto no tocante à sua posição favorável às realidades dos processos irreversíveis e do tempo, realidades essas que estão apoiadas no citado indeterminismo e que, ao mesmo tempo, apóiam-no. Ademais, mostrar-se-á que Prigogine exorta a necessidade de retorno a um pensamento não-fragmentado, em que sujeito e objeto do conhecimento, assim como um e outro objetos distintos, tenham suas relações consideradas, tanto as deles entre si, quanto aquelas entre eles e o/um todo. Tais interações, aliadas à referida idéia de “incerteza”, constituem-se, conforme será visto, na ponte entre a obra de Prigogine e o ideário complexo de Edgar Morin.

Palavras-chave: Distinção. União. Incerteza. Complexidade. Sala de aula.

The triad distinction-union-uncertainty: The thoughts of Edgar Morin and Ilya Prigogine as contribution to the area of teaching of sciences

ABSTRACT

In the present article, is aimed at to evidence and to create relationships between Ilya Prigogine's idea and the theory of the complexity defended for Edgar Morin, being also approached the respective unfoldings in the pedagogic wheat field. Will be presented the point of view of Prigogine pertinent to the uncertain of the laws of the nature and his favorable position to the realities of the irreversible processes and of the time, realities those that are leaning in mentioned uncertain and that, at the same time, they support it. Besides, will be show that Prigogine exhorts the return need the a no fragmented thought, in that subject and object of the knowledge, as well as an and other different objects, have their considered

Lênio Fernandes Levy é Mestre em Educação em Ciências e Matemáticas (UFPA). Professor de Matemática do Centro Federal de Educação Tecnológica do Pará (CEFET-PA). E-mail: leniolevy@ig.com.br.

Adílson Oliveira do Espírito Santo é Doutor em Engenharia Elétrica (UNICAMP). Professor do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemáticas (PPGECIM) do Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento da Educação Matemática e Científica (NPADC) da Universidade Federal do Pará (UFPA).

Acta Scientiae	Canoas	v. 9	n.2	p. 3-26	jul./dez. 2007
----------------	--------	------	-----	---------	----------------

relationships, so much the one of them amongst themselves, as those between them and the/a whole. Such interactions, allied to referred “uncertainty” idea, are constituted, as it will be seen, in the bridge between the work of Prigogine and the complex’s idea of Edgar Morin.

Keywords: Distinction. Union. Uncertainty. Complexity. Classroom.

1 MORIN E A COMPLEXIDADE

No nosso universo é feito de uma liga, de uma aliança entre ordem e desordem que se contradizem absolutamente. (MORIN, 2002d, p.54)

No mundo determinista de Newton, não há história e não há criatividade. No mundo vivo das estruturas dissipativas, a história desempenha um papel importante, o futuro é incerto e essa incerteza está no cerne da criatividade. “Atualmente”, reflete Prigogine, “o mundo que vemos fora de nós e o mundo que vemos dentro de nós estão convergindo. Essa convergência dos dois mundos é, talvez, um dos eventos culturais importantes da nossa era”. (CAPRA, 2004, p.158)

O paradigma moderno ganhou corpo a partir do afã de reação à influência religiosa sobre a produção científica. A Igreja, de um lado, fazia imposições: “Não vá pesquisar nessa direção, pois isso já está escrito em Aristóteles e a teologia integrou Aristóteles. Nós já temos a visão do mundo” (MORIN, 2001a, p.27). De outro lado, a concepção moderna, então emergente, amparava-se na justificativa de que citada interferência estaria atravancando e/ou desvirtuando a expansão intelectual do homem, afastando-o da “objetividade”.

Embora as práticas cognitivas marcadas pela tentativa de separação e de ordenação com vistas à melhor compreensão dos problemas e/ou dos fenômenos tenham sido concebidas em épocas mais remotas, é certo afirmar que, a partir da chamada Idade Moderna, cujo início coincidiu com o renascimento da cultura greco-romana, houve pungente valorização da postura fragmentadora e determinista, da qual René Descartes foi um dos baluartes. Os progressos advindos do racionalismo cartesiano mostraram-se imediatos e vastos, abonando-o como corrente filosófica.

Cabe frisar, contudo, que o estudo de qualquer evento diz respeito a influências ou interferências, sejam elas do sujeito ou observador sobre o objeto, sejam elas do somatório dos contextos presentes, o que inclui o objeto em foco, sobre o estudioso/cientista, de tal sorte que não se pode conceber separação, nos termos propostos por Descartes, entre *ego cogitans* e *res extensa*. Toda tentativa de redução ou fragmentação da complexidade da natureza, malgrado os relativos progressos científicos que isso possa suscitar, não diz respeito à proximidade de uma visão aceitável dos objetos estudados. A análise laboriosa das partes é fundamental, mas corresponde ao trato de apenas um dos aspectos da realidade, sendo também necessária a consciência de que

há vínculos entre os diversos elementos que se integram ao todo. Conforme assevera Morin, “é preciso juntar as partes ao todo, e o todo às partes” (2002a, p.13). Com o escopo de ratificar essa idéia, Silva lembra que:

Edgar Morin gosta de citar uma passagem de Pascal: “Sendo todas as coisas causadas e causantes, auxiliadas e auxiliares, mediatas e imediatas, e mantendo-se todas elas por meio de um vínculo natural e insensível, que une as mais afastadas e as mais diferentes, julgo impossível conhecer as partes sem conhecer o todo, assim como conhecer o todo sem conhecer particularmente as partes”. Essa reflexão densa serve-lhe de base para a fundamentação da epistemologia da complexidade. Exposições e entrevistas mais longas levam-no quase sempre a recorrer a essa chave de seu pensamento. (SILVA, 2002, p.93)

A ênfase desmedida da “distinção sem união”, particularmente no que tange à tentativa de separação entre “sujeito” e “objeto do conhecimento”, em detrimento da procura de uma visão de união e de totalidade, acarretou, nos últimos séculos, uma consciência empobrecida acerca da natureza. Nesse sentido, Morin destaca que:

Deve-se evocar aqui o “grande paradigma do Ocidente”, formulado por Descartes e imposto pelo desdobramento da história européia a partir do século XVII. O paradigma cartesiano separa o sujeito e o objeto, cada qual na esfera própria: a filosofia e a pesquisa reflexiva, de um lado, a ciência e a pesquisa objetiva, de outro (...).

Trata-se certamente de um paradigma: determina os conceitos soberanos e prescreve a relação lógica: a disjunção. A não-obediência a esta disjunção somente pode ser clandestina, marginal, desviante. Este paradigma determina dupla visão do mundo – de fato, o desdobramento do mesmo mundo: de um lado, o mundo de objetos submetidos a observações, experimentações, manipulações; de outro lado, o mundo de sujeitos que se questionam sobre problemas de existência, de comunicação, de consciência, de destino. Assim, um paradigma pode ao mesmo tempo elucidar e cegar, revelar e ocultar. É no seu seio que se esconde o problema-chave do jogo da verdade e do erro. (2002c, p.26-27)

O diálogo das singularidades que compõem uma totalidade, a exemplo daquele entre sujeito e objeto, é recorrente no ideário moriniano, correspondendo à díade “distinção-união”. A complexidade da natureza é expressa em termos das múltiplas relações entre os elementos que a constituem, assim como das conexões entre esses elementos e o/um “todo”, fato que denota uma infinidade de desdobramentos possíveis, justificando-se o acréscimo do fator “incerteza” ao binômio “distinção-união”. Morin e Kern, referindo-se à conjuntura de nosso planeta, o que é extensivo ao Universo como um todo, haja vista o “princípio complexo hologramático”¹, afirmam que:

¹ O todo está nas partes, e as partes estão no todo (MORIN, 2002a).

A realidade mundial é justamente inapreensível; ela comporta enormes incertezas devidas à sua complexidade, às suas flutuações, a seus dinamismos mesclados e antagônicos, às suas bifurcações inesperadas, às suas possibilidades que parecem impossíveis e às suas impossibilidades que parecem possíveis. A inapreensibilidade da realidade global retroage sobre as partes singulares, uma vez que o devir das partes depende do devir do todo. (MORIN; KERN, 2002, p.133-4)

Além do mais, qualquer tentativa de hierarquização é improcedente. Edgar Morin apregoa a valorização, na mesma medida, dos diversos elementos pertencentes a um conjunto, destacando, além do mais, haver vínculos entre todas as singularidades, sendo artificial, por exemplo, a já mencionada crença na separação entre sujeito e objeto do conhecimento, o que também é defendido por Betto² :

Se um elétron se apresenta ora como onda, ora como partícula, energia e matéria, Yin e Yang, isso significa que cessa o reino da objetividade. Há uma inter-relação entre o observador e o observado. Desmorona-se, assim, o dogma da imaculada neutralidade científica. A natureza responde às questões que levantamos. A consciência do observador influi na definição e, até mesmo, na existência do objeto observado. Entre os dois, reina um único e mesmo sistema. Olho o olho que me olha.

(...) Há uma íntima e indestrutível conexão entre tudo o que existe, das estrelas ao sorvete saboreado por uma criança, dos neurônios de nosso cérebro aos neutrinos no interior do sol. (2002, p.45-46)

A tríade “distinção–união–incerteza” guarda correspondência com o chamado tetragrama complexo, traduzido por “ordem–desordem–interação–organização”. A existência concomitante de ordem e desordem é condição *sine qua non* para qualquer espécie de criação/geração. Nada aconteceria, não haveria transformações, somente imutabilidade, caso apenas a ordem imperasse. Da mesma forma, se unicamente a desordem se manifestasse, o próprio Universo careceria de condições favoráveis para se desenvolver. Assim sendo, o diálogo incessante entre ordem e desordem propicia a estruturação dos incontáveis elementos e subconjuntos organizacionais que compõem a natureza. Lima assevera que:

(...) A ordem e a desordem não subsistem sozinhas, interagem entre si. A desordem está sempre presente, como elemento perturbador, na ordem. Por sua vez, a ordem pressupõe um certo grau de desorganização. Portanto, uma visão mais complexa de ordem implica uma interação com a desordem, e qualquer desordem supõe um grau de organização. Esses quatro elementos: ordem, desordem, interação e organização possibilitam uma compreensão mais complexa das várias realidades do Universo. (2002, p.52)

² Frei Betto: dominicano, jornalista e escritor.

A complexidade do Universo

O ideário filosófico complexo de Edgar Morin, com o qual nos identificamos, prega a distinção, a individualização. Busca, ao mesmo tempo, a sensibilização quanto à união, quanto à relação entre partes distintas do (ou de um) todo. Admite também a incerteza. Distinção, união e incerteza são, portanto, palavras essenciais na teoria complexa moriniana. Conforme Petraglia:

(...) Os limites e as insuficiências de um pensamento simplificador não exprimem as idéias de unidade e diversidade presentes no todo.

A estrutura do pensamento Moriniano é pautada numa epistemologia da complexidade que compreende quantidades de unidades, interações diversas e adversas, incertezas, indeterminações e fenômenos aleatórios. (2002, p.39-40)

O princípio da simplificação corresponde a separar e a reduzir. O princípio da complexidade preconiza reunir e ao mesmo tempo distinguir. O pensamento que separa tem que ser complementado pelo pensamento que une.

Morin propõe, conforme já frisamos, o tetragrama “ordem–desordem–interações–organização”, que guarda correspondência com a tríade “distinção–união–incerteza”. Petraglia explica-nos que:

(...) Entretanto, não basta a comunicação dos termos ordem e desordem, é preciso que tenhamos clareza da necessidade de sua aproximação a outras idéias como interação e organização, num tetragrama, a fim de não perdermos de vista a complexidade do mundo e sua perspectiva multidimensional. (2002, p.56)

A ação do tetragrama é bem evidenciada pelo próprio Morin quando assegura que a vida é um exemplo de ordem que tem necessidade de se autoproduzir através da organização, tolerando ou mesmo colaborando com a desordem (MORIN, 2001b).

O pensamento complexo é condizente com a chamada “teoria dos sistemas”, segundo a qual o todo é, ao mesmo tempo, maior e menor que a soma das partes. A tapeçaria, por exemplo, transmite ou significa algo mais que a simples soma de seus fios. Porém, concomitantemente, cada fio tem algumas de suas qualidades inibidas quando é unido aos demais para compô-la (PETRAGLIA, 2002). Além disso, a complexidade preza o “princípio dialógico”, ou seja, admite a união ou compatibilização de noções antagônicas, que aparentemente deveriam repelir uma à outra (MORIN, 2002a), a exemplo das partículas físicas, que são, ao mesmo tempo, corpúsculos e ondas, constituindo-se numa contradição não-absurda. Há também o “princípio da recursão”, denotativo da idéia de “circularidade” entre causa e efeito, e que é bem ilustrado pelo seguinte fato: Os indivíduos humanos produzem a sociedade,

e a sociedade, por sua vez, produz a humanidade dos indivíduos. Destacamos, por fim, o “princípio hologramático”, já mencionado em linhas anteriores, que corresponde à idéia de que o todo está nas partes e as partes estão no todo. O indivíduo, a propósito, é uma parte da sociedade, mas a sociedade também está presente em cada indivíduo por intermédio de sua linguagem, de sua cultura, de suas normas etc. (MORIN, 2002a).

O objetivo da complexidade é, ao mesmo tempo, unir e enfrentar o desafio da incerteza. O pensamento complexo, embora oposto ao pensamento simplificador, não o exclui. A complexidade busca suprir as insuficiências da modernidade. O aumento contínuo do conhecimento humano exige que a especialização seja complementada pela construção de relações entre os elementos do (e com o) conjunto cognitivo, tendo em vista uma concepção menos imprecisa acerca dos objetos estudados.

Legislar, disjuntar, reduzir – esses são os princípios fundamentais do pensamento clássico. Não se trata absolutamente, do meu ponto de vista, de decretar que esses princípios sejam doravante abolidos.

Mas as práticas clássicas do conhecimento são insuficientes. No momento em que a ciência de inspiração cartesiana ia muito logicamente do complexo ao simples, o pensamento científico contemporâneo tenta ler a complexidade do real sob a aparência simples dos fenômenos. De fato, não existe fenômeno simples. (MORIN, 2001b, p.45)

Um fazer pedagógico em conformidade com as diretrizes morinianas

Na perspectiva moriniana, a geração de elos entre os conhecimentos, bem como de liames entre eles e a/uma totalidade cognitiva, possibilita ao homem/perscrutador inserir-se mais e melhor na esteira do que ocorre à sua volta.

No âmbito educacional, torna-se imperioso elaborarem-se tais relações. Entendemos, contudo, que a construção de vínculos entre os campos de conhecimento não acarreta necessariamente o desaparecimento das disciplinas correspondentes, o que é corroborado pela idéia complexa de união com preservação das distinções, pela idéia de coexistência do todo e das partes.

Trata-se então de serem admitidas as singularidades e as suas respectivas conexões, o que entendemos ser compatível, na seara pedagógica, com o ministério de aulas por duplas de professores com formação em disciplinas diferentes, ocupantes, tais profissionais, para tanto, do mesmo espaço-tempo pedagógico, agindo, em conjunto com os alunos, como desencadeadores de processos que levem à criação de laços entre seus respectivos campos de estudo e que conduzam também à tentativa de elaboração de uma consciência global. O diálogo entre docentes que detêm informações diferenciadas não acarreta necessariamente o desaparecimento das especificidades inerentes às suas áreas, propiciando, com efeito, vários elos recíprocos, constituindo-

se em processo conciliador de “distinção e união”. Vale, por oportuno, ressaltar o ponto de vista de Almeida:

Esse movimento de desconstrução, do que foi historicamente firmado como verdadeiras cartas de habilitação por áreas temáticas do conhecimento, tem aqui o objetivo de enfraquecer as resistências disciplinares que se instalam nos tênues limites entre as ciências. Não decorre, daí, nenhuma palavra de ordem de “fim às disciplinas”, mas decorre, sim, o alerta de que a disciplinaridade fechada reduz e simplifica a complexidade inerente a qualquer temática. (2002, p.37)

As ações pedagógicas a cargo de Duplas Heterogêneas de Professores (DHP)³ conjugam-se, assim entendemos, com os princípios morinianos porque visam, nos termos em que as propomos, à transcendência ou ultrapassagem do isolamento disciplinar sem, todavia, objetivarem necessariamente à eliminação das disciplinas. Possibilitam a comunhão entre inúmeros conhecimentos que compõem a nossa cultura, distanciando-nos menos, por conseguinte, da complexidade dos objetos de estudo.

Enfim, segundo Morin:

Não se trata de abandonar o conhecimento das partes pelo conhecimento das totalidades, nem da análise pela síntese; é preciso conjugá-las. Existem desafios da complexidade com os quais os desenvolvimentos próprios de nossa era planetária nos confrontam inelutavelmente. (2002c, p.46)

2 ILYA PRIGOGINE E O “FIM DAS CERTEZAS”

A crença na capacidade humana de predição absoluta do comportamento do Universo atingiu seu clímax entre os séculos XVII e XIX, simbolizada pelo mecanicismo newtoniano e pelas idéias, inclusive na seara filosófica, provenientes (umas) e/ou fomentadoras (outras) desse mecanicismo. O Universo era visto como uma grande máquina regida por normas que, uma vez “descobertas”, poderiam conduzir o homem ao alcance pleno dos pormenores das manifestações naturais futuras, o que significava afirmar que o “porvir” estaria completamente catalogado na/pela ordem universal.

Entretanto, as construções intelectuais dos últimos cem anos – decorrentes, curiosamente, de uma ciência forjada e desenvolvida em berço determinista, mas que teve de se curvar diante de evidências revolucionárias – conduziram (e têm conduzido) o homem à observação da natureza pelo prisma da incerteza. Nesse contexto, destaca-se Ilya Prigogine, laureado com o Prêmio Nobel de Química em 1977 por sua contribuição à termodinâmica irreversível, especialmente à teoria das estruturas dissipativas.

³ Vide Levy (2003).

Prigogine desenvolve suas idéias descortinando ambientes inerentes à química, à física clássica e à física quântica⁴, penetrando também na biologia e na cosmologia, além de frisar pensamentos filosóficos que se coadunam com os seus, quais sejam o da existência do “tempo” e o da realidade da “incerteza”.

O ideário prigoginiano questiona o consagrado determinismo das leis naturais e a correspondente simetria (ou seja, a inexistência) do tempo, alicerces científicos tidos como inabaláveis até a aurora do século XX.

O livre-arbítrio existe ou será que o Universo é regido por leis que alcançam o porvir? O futuro pode ser construído ou será que é pré-determinado? O tempo é uma realidade ou será que não existe a flecha temporal? Estas são algumas das questões que ecoam ao longo da obra de Prigogine, e as respostas sugeridas por esse pensador, mesmo que ainda controversas para grande parte da comunidade acadêmica, certamente trazem um alento aos defensores da liberdade e da criatividade humanas, conforme veremos.

Na Grécia Antiga, destaca Prigogine (1996), sucedeu-se o “dilema de Epicuro⁵”, partidário da hipótese de que os átomos movimentavam-se paralelamente, portanto sem colisões mútuas, obedecendo a leis deterministas. Epicuro também cria no vínculo entre os fenômenos atômicos e os demais acontecimentos do mundo, incluindo-se aí as atitudes humanas. Mas como o homem poderia construir, inventar e opinar em um universo governado pelos movimentos regulares e deterministas das partículas atômicas? Tentando solucionar o problema, ele imaginou o *Clinamen*, algo que, eventualmente, perturbaria tal ordem, dando espaço às incertezas e, por conseguinte, à liberdade humana. Retomaremos mais adiante o dilema de Epicuro, dessa feita sob a luz das idéias prigoginianas.

As leis da física apregoam um conhecimento que pretende alcançar a certeza. “Dadas as condições iniciais, tudo pode ser determinado”, aspecto que, segundo historiadores, reflete o papel do Deus Cristão, Legislador Todo-Poderoso, que teria, assim, o Universo sob o seu controle. Prigogine cita a seguinte indagação de Einstein em favor do determinismo:

Se a lua, enquanto efetua o seu eterno curso ao redor da Terra, fosse dotada de consciência de si mesma, estaria profundamente convencida de que se move por sua própria vontade, em função de uma decisão tomada de uma vez por todas. (...) O homem defende-se contra a idéia de que é um objeto impotente no curso do universo. Mas o caráter legal dos eventos, que se afirma de maneira mais ou menos clara na natureza inorgânica, deveria cessar de se verificar ante as atividades de nosso cérebro? (apud PRIGOGINE, 1996, p.20-21)

⁴ A física quântica diz respeito a um sistema físico cujas grandezas observáveis assumem valores discretos, de tal modo que a passagem de um determinado valor para outro ocorre de maneira descontínua, segundo as leis da mecânica quântica.

⁵ Epicuro, filósofo grego (341–270 a.C.), ensinava que o prazer é o bem máximo; mas, longe de o fazer consistir nos gozos materiais, Epicuro situava-o na cultura do espírito e na prática da virtude.

Popper⁶, contrariamente, proclama que “o determinismo laplaciano⁷ é o obstáculo mais sólido para o caminho de uma explicação/apologia da liberdade, da criatividade e da responsabilidade humanas” (apud PRIGOGINE, 1996, p.21).

No mesmo sentido, Bergson⁸ interroga:

De que serve o tempo?...o tempo é o que impede que tudo seja dado de uma só vez. Ele atrasa, ou antes, ele é o atraso. Deve, pois, ser elaboração. Não seria, então, o veículo de criação e de escolha? A existência do tempo não provaria que há certa indeterminação nas coisas? (BERGSON, 1970, p.1333)

Prigogine assevera que, para Popper e Bergson, assim como para si próprio, a realidade e o indeterminismo são solidários. Nas próximas linhas, exporemos o ideário prigoginiano, cujo valor é de grande relevo no que tange à mudança de nossa visão acerca da natureza.

Sobre os processos reversíveis e a simetria do tempo

As físicas clássica, quântica e relativista repousam na crença da inexistência do tempo, o que implica haver tão somente fenômenos reversíveis, que são regulares, estáveis, repetitivos, isto é, processos que podem retornar espontaneamente (reversão) à sua situação inicial. Um exemplo claro de reversibilidade é o movimento de um pêndulo em que atritos/resistências são desprezíveis (condições ideais). Tal movimento, caso fosse filmado por um observador e depois projetado sobre uma tela, produziria a mesma impressão se o filme corresse de trás para a frente ou da frente para trás. Em ambos os sentidos, valeriam as mesmas leis físicas, tornando-se descartável o papel do tempo. Einstein disse em várias ocasiões: “O tempo é ilusão” (apud PRIGOGINE, 1996, p.10). As tradicionais leis da física, que são deterministas, presas a processos reversíveis, descrevem, entretanto, a exceção. Na prática, nenhuma transformação é totalmente reversível. As referidas leis não refletem plenamente o mundo instável, evolutivo e complexo em que vivemos.

A física clássica/newtoniana pretende conduzir ao cálculo da trajetória quando se conhecerem posição e velocidade. Tamanho determinismo anuncia a equivalência entre descrições individuais, que correspondem a trajetórias únicas, e descrições estatísticas, que correspondem a conjuntos. Segundo Prigogine (1996), na mecânica quântica, a função de onda desempenha papel similar ao da trajetória na mecânica

⁶ Sir Karl Popper: filósofo austríaco naturalizado britânico (1902–1994).

⁷ Pierre Simon de Laplace: astrônomo, matemático e físico francês (1749–1827). É, sobretudo, célebre por sua hipótese cosmogônica segundo a qual o sistema solar proviria de uma nebulosa primitiva (Acad. Fr.).

⁸ Henri Bergson: filósofo francês (1859–1941). Seu sistema repousa sobre a intuição, concebida como o único meio de conhecimento da duração e da vida (Acad. Fr.; Prêmio Nobel, 1927).

clássica. A equação de Schrödinger⁹ calcula os comportamentos/evoluções de uma função de onda, e as da mecânica clássica, conforme citado, delineiam a trajetória de um corpo. São equações deterministas e compatíveis com um tempo reversível ou, melhor dizendo, com um tempo inexistente.

No tocante à questão da reversibilidade, Asimov¹⁰ ressalta o tipo de ocasião em que se pode considerá-la:

Em processos bastante simples, que envolvem apenas uns poucos objetos, é impossível saber se o tempo está avançando ou recuando. As leis da natureza são igualmente válidas em ambos os casos. O mesmo se aplica às partículas subatômicas.

(...) Pelo que se sabe, um elétron que percorre certa trajetória, com o tempo escoando para a frente, poderia ser um pósitron percorrendo essa mesma trajetória, mas com o tempo escoando no sentido contrário (eis um processo reversível). Considerando-se apenas essa partícula, é impossível determinar qual das alternativas é a correta. (ASIMOV, 1982, p.80)

Contudo, a validade das equações determinísticas, em contraposição às estocásticas, revela-se extremamente limitada. Os sistemas que levam a certezas (vide processos reversíveis) correspondem a exceções. Formulações usuais, como o problema de dois corpos, por exemplo o Sol e a Terra (desprezando-se, nesse caso, influências de outros elementos/corpos), não representam a regra tampouco a realidade da natureza, pois, na prática, os objetos/partículas tendem a compor conjuntos de muitos elementos. O Universo é um sistema gigante e complexo.

Sobre os processos irreversíveis e a flecha do tempo

Prigogine destaca que os processos irreversíveis, em oposição aos ditos reversíveis, são aqueles orientados no tempo:

Enquanto os processos reversíveis são descritos por equações de evolução invariantes em relação à inversão dos tempos, como a equação de Newton na Dinâmica Clássica e a de Schrödinger na Mecânica Quântica, os processos irreversíveis implicam uma quebra de simetria temporal. (PRIGOGINE, 1996, p.25)

⁹ Erwin Schrödinger: físico austríaco (1887–1961), prêmio Nobel em 1933.

¹⁰ Isaac Asimov: bioquímico e escritor (1920–1992). Nasceu na URSS e criou-se nos EUA, tendo lecionado na Universidade de Boston. Famoso tanto por seus trabalhos em Enzimologia quanto pelas obras de divulgação científica (*Eu, Robô*, 1959; *As Cavernas de Aço*, 1954; *Nove Amanhãs*, 1959).

Utilizando o mesmo exemplo da câmera de filmar, se resolvermos, após a filmagem de um evento físico, projetar o filme de trás para a frente e percebermos diferenças em relação à projeção normal, é porque se tratou de um processo irreversível, fenômeno que denota, em oposição ao reversível, a existência de uma “flecha do tempo”, a distinção entre passado, presente e futuro, caso contrário a projeção invertida nada mostraria de diferente e a noção temporal não se verificaria. Trata-se de processos que não podem retornar espontaneamente à situação inicial. Fenômenos como a decomposição radioativa, a viscosidade, a fricção, a mistura de substâncias gasosas, a queda de um objeto etc. são exemplos de processos irreversíveis. Tais acontecimentos não são alcançáveis por leis deterministas. Predominam na natureza, em contraposição aos processos reversíveis, e envolvem quantidades elevadas de partículas/objetos. Quanto mais elementos/objetos/partículas existirem em um sistema, maior será a sua complexidade. Por conseguinte, ele terá um caráter aleatório mais marcante, o que corresponde a tornar-se mais notória a irreversibilidade de seu comportamento.

Não obstante ser acalentada pelo pensamento científico, a reversibilidade da mudança, assevera Prigogine, não havia, por seu lado, sido pensada espontaneamente por ninguém:

Nenhuma especulação, nenhum saber jamais afirmou a equivalência entre o que se faz e o que se desfaz; entre uma planta que nasce, floresce e morre, e uma planta que ressuscita, rejuvenesce e retorna para a sua semente primitiva, entre um homem que amadurece e aprende e um homem que se torna progressivamente criança, depois embrião, depois célula. (PRIGOGINE, 1996, p.158)

Essa declaração é representativa de um repúdio humano intuitivo à reversibilidade e à inexistência do tempo.

A demora para se generalizarem as leis da natureza em termos de irreversibilidade (denotativa de incertezas) deveu-se, afirma o autor (PRIGOGINE, 1996), a dois grandes motivos:

- 1º) Ao “ideológico”, referente ao ponto de vista praticamente divino sobre a natureza, a qual seria eternamente determinável quanto ao seu comportamento;
- 2º) Ao fato de a formulação estatística da natureza requerer um “novo arsenal matemático”, indisponível outrora. O comportamento de um sistema cujos processos são irreversíveis só é “previsível” por meio de leis estatísticas apropriadas.

Temos, de um lado, as leis deterministas, ancoradas nos fenômenos reversíveis (não esqueçamos que, na prática, nenhum processo é totalmente reversível), na atemporalidade, e, de outro lado, os processos irreversíveis, relacionados com a

existência do tempo, um tempo que, segundo indagação de Bergson (já citada neste texto), “não provaria que há certa indeterminação nas coisas?”.

Abordaremos o conceito de entropia e, em seguida, o papel das incertezas na dança das partículas de um sistema dinâmico, noções essas que respaldam a (e são respaldadas pela) realidade/existência do “tempo”, tanto quanto as leis ditas deterministas a descartam/desconsideram.

Sobre entropia, instabilidade e caos

A entropia pode ser definida como o grau de distribuição das energias dentro de um sistema, de tal sorte que, estando melhor distribuídas (quantitativa e qualitativamente) essas energias, ou seja, estando mais homogêneo o sistema em termos energéticos, maior será a sua entropia.

Cabe citar os dois princípios da termodinâmica, essenciais na abordagem de Prigogine:

- 1º) A energia do Universo é constante;
- 2º) A entropia do Universo cresce na direção de um máximo.

O 2º (segundo) princípio proclama que o Universo tende a uma uniformidade energética. Em todos os seus pontos, haverá a mesma quantidade e o mesmo tipo de energia, qual seja a energia térmica. Fisicamente, não se mede a entropia. Somente a sua variação é mensurável. Em condições normais, a entropia de um sistema sempre aumenta (2º princípio). Por exemplo, em um ambiente com gelo e vapor de água, a zero e a cem graus centígrados, respectivamente, tem-se uma heterogeneidade de distribuição de energia térmica, sendo, evidentemente, maior a energia do vapor. Contudo, decorrido algum tempo, naturalmente será atingido o equilíbrio térmico, passando todo o ambiente a apresentar uma distribuição homogênea de energia, ou seja, verificando-se uma elevação de sua entropia. Segundo Gonçalves:

Microscopicamente falando, o conceito de entropia maior está ligado à idéia de maior desordem dentro do sistema. Quando o vapor a 100° C foi mantido separado do gelo a 0° C, é como se as moléculas presentes no sistema estivessem ordenadas de acordo com o seu nível energético; as de maior energia cinética num canto e as de menor energia cinética no outro. Quando misturamos o vapor com o gelo, desmantelamos a ordem que estava estabelecida, ao mesmo tempo que a entropia aumentou. Daí se dizer: nas transformações naturais, a desordem e a entropia aumentam. (GONÇALVES, 1979, p.184)

O progressivo aumento da entropia do Universo (2º princípio) diz respeito a uma modificação das ordens energéticas previamente existentes. Sem fluxos de energia,

a entropia não variaria, e vice-versa. Tal alteração da ordem, ou melhor, tal desordem, batizada de “caos”, traduz-se por fenômenos irreversíveis ou instáveis, pois a repetição característica dos eventos reversíveis ou estáveis não denota mudanças de distribuição energética, não denota variação de entropia.

Os fenômenos irreversíveis condizem com transformações incertas, aleatórias, não-repetitivas, as quais, por isso mesmo, possibilitam-nos a percepção do “transcorrer do tempo”. Em suma, a variação da entropia corresponde à existência da “flecha do tempo”, expressa pelos processos irreversíveis.

Aludindo aos princípios da termodinâmica, Prigogine afirma que o próprio Universo é um sistema termodinâmico altamente heterogêneo e distante do equilíbrio relativo à entropia máxima. O Universo seria um grande sistema instável, em desequilíbrio, rumando para a estabilidade mediante constantes trocas energéticas (processos irreversíveis/temporais) entre suas partes.

Tal afastamento do equilíbrio energético, equilíbrio esse que, ainda hoje, está longe de ser atingido, leva também a certos comportamentos coletivos, a um regime de atividades coerente (como o surgimento e a evolução da vida, por exemplo), impossível no equilíbrio, pois nele, no equilíbrio futuro do Universo, não haverá mais variações quantitativas e qualitativas de energia entre os diversos pontos ou lugares, condição *sine qua non* (as variações) para o surgimento e a manutenção de processos como o vital. Portanto, “nossa existência está vinculada ao afastamento do equilíbrio” (PRIGOGINE, 1996, p.30). Nesse sentido, irreversibilidade e aumento de entropia não estão associados apenas a aumento de desordem. São também fontes de “ordem” (fonte de vida, por exemplo), a qual se mantém por auto-organização. “A irreversibilidade leva ao mesmo tempo à desordem e à ordem” (ibidem, p.29).

Vejam os detalhes como se dá a irreversibilidade, relacionada com a condução do Universo ao estado de entropia máxima, deparando-nos com os comportamentos incertos/aleatórios das partículas de um sistema dinâmico e concluindo pela importância da introdução do elemento estatístico como ferramenta de “afecção” de eventos futuros, haja vista, nesses casos, a falência dos mecanismos de mensuração representados pelas equações da física tradicional.

Sobre as incertezas e os sistemas não-integráveis de Poincaré¹¹

Prigogine (1996, p.62) afirma ter adquirido a convicção de que “a irreversibilidade macroscópica é a expressão de um caráter aleatório de nível microscópico”. Orear, guiado pela visão quântica, expressa sua concepção de indeterminismo da natureza por meio das seguintes palavras:

¹¹ Henri Poincaré: matemático francês (Nancy, 1854 – Paris, 1912), um dos maiores de sua época, criou as funções *fuchsianas* (Acad. Fr.).

Nos dias da Física Clássica, estabeleceu-se que, se se soubessem as posições exatas e as velocidades de todas as partículas do universo no instante $t=0$, seria possível, em princípio, calcular-se o curso futuro (e passado) do universo a partir de leis exatas da Física. Imaginava-se o universo como uma máquina gigantesca. Utilizando esse raciocínio, os filósofos podiam concluir que todas as ações humanas (mesmo os seres humanos são constituídos por prótons, nêutrons e elétrons) seriam completamente determinadas. É claro que se tinha noção de que tais cálculos do futuro ou do passado seriam sempre impossíveis por causa do número enorme de partículas do universo. Mesmo assim, tal raciocínio era aborrecido para os que acreditam no livre arbítrio.

Como vemos, pelo princípio da incerteza, há um obstáculo mais fundamental para a efetivação desses cálculos. Assim, o determinismo clássico não é mais imposto ao físico. (OREAR, 1971, p.301)

Prigogine acrescenta um elemento significativo a tal visão: as eventuais interferências entre as partículas de um sistema, o que geraria a “incerteza por excelência” (a incerteza prigoginiana) quanto a comportamentos futuros. Em conformidade com Henri Poincaré, Prigogine classifica os sistemas dinâmicos em dois tipos:

- a) Sistema Integrável de Poincaré: é aquele cuja(s) partícula(s) é(são) dotada(s) de energia cinética, porém destituída(s) de energia potencial, ou seja, ela(s) não sofre(m) influência(s)/interferência(s) de outra(s) partícula(s). É um sistema estável, com comportamento regular alcançável pelas equações da física tradicional. Em consonância com a conclusão a que Poincaré chegou, Prigogine afirma que se trata de fenômeno raro na natureza:

Um sistema dinâmico integrável é um sistema cujas variáveis podem ser definidas de tal maneira que a energia potencial seja eliminada, ou seja, de tal maneira que seu comportamento se torne isomorfo ao de um sistema de partículas livres, sem interação. Poincaré mostrou que, em geral, tais variáveis não podem ser obtidas. Com isso, em geral, os sistemas dinâmicos não são integráveis. (PRIGOGINE, 1996, p.41)

Trata-se da concepção de um conjunto onde há uma ou algumas poucas partículas. Lembremo-nos de que o Universo, contudo, é múltiplo, é plural.

- b) Sistema Não-Integrável de Poincaré: É aquele em que as partículas, além de possuírem energia cinética, são influenciadas/perturbadas pelas suas vizinhas, através de interações que originam energia potencial, havendo variações de frequência (vide formação de “ressonâncias”), o que torna o comportamento futuro de tais partículas incerto (no sentido prigoginiano), aleatório, inalcançável pelas equações da física tradicional, abrindo-se

caminho para a formulação estatística das leis da Dinâmica. Segundo Prigogine (1996), é o caso mais comum na natureza. Diz respeito a situações com muitas partículas. Ele afirma que:

Num mundo isomorfo a um conjunto de corpos sem interação, não há lugar para a flecha do tempo, nem para a auto-organização, nem para a vida. Mas Poincaré não só demonstrou que a integrabilidade se aplica apenas a uma classe reduzida de sistemas dinâmicos, como também identificou a razão do caráter excepcional dessa propriedade: a existência de ressonâncias entre os graus de liberdade do sistema. (PRIGOGINE, 1996, p.41)

As mecânicas clássica e quântica consideram movimentos isolados (sistemas integráveis), ao passo que a irreversibilidade só ganha seu sentido quando consideramos partículas mergulhadas em um meio onde há interações (sistemas não-integráveis).

Logo, no nível estatístico, as ressonâncias (vide sistemas não-integráveis) acarretam a ruptura do determinismo, introduzem a “incerteza prigoginiana” no contexto das mecânicas clássica e quântica (para Prigogine, mesmo a mecânica quântica, restrita a sistemas integráveis, é determinista, a exemplo da equação de Schrödinger, com a qual se pretende calcular os comportamentos de uma função de onda) e, por dizerem respeito a processos irreversíveis, a estruturas dissipativas, quebram a simetria do tempo. As ressonâncias de Poincaré levam a uma forma de caos. De fato, as simulações numéricas mostram que essas ressonâncias induzem o aparecimento de trajetórias erráticas (PRIGOGINE, 1996), inalcançáveis pelas equações da física tradicional. Prigogine garante:

A descrição da natureza circunstante tem, portanto, pouco a ver com a descrição regular, simétrica em relação ao tempo, associada tradicionalmente ao mundo newtoniano. Nosso mundo é flutuante, ruidoso, caótico, mais próximo daquele que os atomistas gregos haviam imaginado. O Clinamen, que fora introduzido para resolver o problema de Epicuro, não é mais um elemento estranho, mas sim a expressão da instabilidade dinâmica. (PRIGOGINE, 1996, p.134)

Sobre a descrição estatística do comportamento do Universo

A incorporação da instabilidade e da não-integrabilidade identifica-se com os processos irreversíveis (vide estruturas dissipativas), associados a uma criação de entropia. Ilya Prigogine assevera que, nos fenômenos instáveis, a equivalência entre os níveis individual e estatístico é quebrada. A probabilidade adquire um significado intrínseco, sendo mais rica que a descrição individual.

(...) Para o trabalho com modelos com poucas variáveis sugerimos a opção pelos determinísticos (baseados em equações diferenciais ordinárias ou de diferenças).

Os modelos práticos, que envolvem interrelações de um grande número de variáveis, por sua vez, são formulados através de um sistema de equações que contemplam numerosos parâmetros.

Nestes casos, um tratamento analítico é geralmente impossível e os métodos de resoluções devem ser computacionais. E, quanto mais complexo ou realista for o modelo, mais difícil será mostrar estatisticamente que ele descreve a realidade! Os modelos “realistas” tendem a empregar *equações estocásticas* em suas formulações – muito mais complexas e dependentes de métodos computacionais sofisticados. (BASSANEZI, 2002, p.326)¹²

Prigogine (1996) afirma com alegria que, diante dos sistemas mais realistas (não-integráveis), o demônio de Laplace permanece incapaz, seja qual for seu conhecimento, finito ou até infinito, e que o futuro não é mais dado, tornando-se, como havia dito o poeta Paul Valéry¹³, uma “construção”.

(...) E eis que mostramos que há dinâmicas das probabilidades! Que o futuro, como nas estruturas dissipativas, não está determinado! E a razão, no fundo, desse “indeterminismo”, é que esses sistemas nos quais esses fenômenos aparecem não se explicam com base nas partículas individuais, mas nos conjuntos; a física deve integrar as estruturas de conjuntos; como, igualmente, não se pode fazer sociologia com base em um único indivíduo. (PRIGOGINE, 2002, p. 37-38)

Sobre a reformulação da física para sua adaptação às novas concepções

Os sistemas dinâmicos instáveis (não-integráveis), diz Prigogine (1996), forçavam-nos a uma reformulação da dinâmica, a uma extensão das mecânicas clássica e quântica. Começamos a perceber os limites de validade dos conceitos fundamentais da física. A nova formulação das leis da natureza não mais se assenta em certezas, em leis deterministas, mas avança sobre possibilidades, denotando a existência do tempo e a evolução do Universo rumo à entropia máxima. Segundo Prigogine:

¹² Servimo-nos dessa citação de Bassanezi com o intuito de evidenciar a possibilidade técnica da modelagem mediante equações diferenciais ordinárias ou de diferenças, bem como da modelagem (envolvendo equações estocásticas) em que são consideradas inter-relações de um número expressivo de variáveis, e não necessariamente com o intuito de anunciar que trabalhamos com tais processos durante a nossa pesquisa e/ou nas dinâmicas pedagógicas que implementamos.

¹³ Paul Valéry: escritor francês (1871–1945). Elaborou uma ética puramente intelectual. Ensinou arte poética no *Collège de France* e fez diversas reflexões sobre a pintura, a música e as ciências.

(...) Existem, ao mesmo tempo, uma descrição individual (em termos de trajetórias, de funções de onda ou de campos) e uma descrição estatística. E, em todos os níveis, a instabilidade e a não-integrabilidade rompem a equivalência entre essas duas descrições. É em todos os níveis que a formulação das leis da Física deve ser modificada, de acordo com esse universo aberto, em evolução, onde vivem os humanos. (PRIGOGINE, 1996, p.113)

Sobre os métodos utilizados para a confirmação do “fim das certezas”

A revolução narrada por Ilya Prigogine, da qual é partícipe relevante em função de suas contribuições no que se refere à constatação (vide irreversibilidade e estruturas dissipativas) da quebra de equivalência entre os resultados individuais (trajetórias e funções de onda) e os estatísticos (correspondentes a conjuntos/sistemas), tomou por base métodos tradicionais. Conclusões relativas a aumento de entropia, a incertezas quanto ao comportamento de partículas-ondas, entre outras, derivam/derivaram de cálculos, correções, reiterações, enfim, de exercícios mentais e experimentais norteados por recursos de pesquisa já consagrados. No entanto é curioso o fato de que métodos criados para o atingimento de certezas “inabaláveis” tenham conduzido à robustez da incerteza, à “certeza da incerteza”.

Ressalte-se, por último, que os pensamentos contrários¹⁴ ao de Prigogine ainda são deveras fortes na comunidade científica. A física, sem as expansões¹⁵ defendidas pelo autor, ainda está em voga, podendo-se, dessarte, distinguir, entre os pensadores de hoje, os “deterministas” e os “não-deterministas”, o que é indicativo da diversidade das idéias que pululam na atualidade e, no final das contas, talvez de um *Clinamen* contemporâneo.

O “fim das certezas” na prática pedagógica

Acerca da presença da complexidade e/ou da incerteza no próprio seio do determinismo, Morin tece o seguinte comentário:

(...) A complexidade está na origem das teorias científicas, incluindo as teorias mais simplificadoras. Antes de tudo, como estabeleceram, de formas diferentes, Popper, Holton, Kuhn, Lakatos, Feyerabend, existe um núcleo não-científico em toda teoria científica. Popper acentuou os “pressupostos metafísicos” e Holton

¹⁴ Contrariedade expressa pela concepção de que as leis naturais são estritamente deterministas e de que tudo aquilo que parece desordem é apenas uma impressão, devida unicamente à insuficiência de nossos conhecimentos, sendo a irreversibilidade somente uma aproximação das leis dinâmicas reversíveis.

¹⁵ Expansões, como já frisamos, referentes à quebra da equivalência entre os âmbitos individual e estatístico do comportamento dos elementos de um sistema, ou seja, referentes à aceitação da existência da irreversibilidade e/ou das estruturas dissipativas.

destacou os *themata* ou temas obsessivos, que motivam a mente dos grandes cientistas, a começar pelo determinismo universal que é, ao mesmo tempo, postulado metafísico e tema obsessivo. Lakatos mostrou que existe um “núcleo duro”, indemonstrável, naquilo que ele chama de programas de pesquisas e Thomas Kuhn revela em *La structure des révolutions scientifiques (A estrutura das revoluções científicas)* que as teorias científicas são organizadas a partir de princípios que, absolutamente, não derivam da experiência, que são os paradigmas.

Melhor dizendo, e isso é um paradoxo surpreendente, a ciência se desenvolve, não só a despeito do que ela tem de não-científico, mas graças ao que ela tem de não-científico. (MORIN, 2001c, p.186)

Ademais, prevalente no pensamento científico moderno, a ação de fragmentar um problema quando da tentativa de solucioná-lo denota, por mais que não haja consciência a esse respeito, uma postura ante a complexidade e/ou o indeterminismo, colocando à mostra o papel alternativo desempenhado pelo pensamento simplificador com vistas à consecução de soluções para as questões levantadas. A ação de separar/compartimentalizar, contudo, é insuficiente, aumentando sob vários aspectos a distância entre o sujeito/pesquisador e a complexidade do objeto/problema estudado.

Em que pese a prescrição cartesiana, a própria ciência, em seu desenvolvimento histórico, não prescindiu da complexidade. Morin lembra-nos que:

(...) A história das ciências não é somente a da constituição e proliferação de disciplinas, mas também a das rupturas de fronteiras disciplinares, de sobreposições de problemas de uma disciplina sobre outra, de circulação de conceitos, de formação de disciplinas híbridas que terminaram por se autonomizar. É, igualmente, a história da formação de complexos nos quais diferentes disciplinas se agregam e se aglutinam. Dito de outra forma, se a história oficial da ciência é a da disciplinaridade, a “inter-trans-poli-disciplinaridade”, embora ligada e inseparável dela, constitui uma outra história, que lhe é associada e inseparável. (MORIN, 2002e, p.40)

Epicuro acreditava que o comportamento dos homens era reflexo dos eventos atômicos. A ocasional incerteza cinética de tais partículas seria extensiva às atitudes humanas, o que significaria a manifestação da liberdade e da criatividade (PRIGOGINE, 1996).

A crença de que a mente humana não é subordinada a um determinismo mecanicista constitui-se em idéia razoável, em nossa opinião, sob os pontos de vista poético e filosófico. Quando acrescentamos a isso a concepção prigoginiana do fim das certezas na natureza, somos levados a concluir que Epicuro, malgrado os limites científicos de seu tempo, construiu deduções impressionantes.

Exemplo marcante da incerteza nos contatos interpessoais é a prática pedagógica. Não há como determinar com exatidão os desdobramentos das relações entre alunos,

assim como os daquelas entre eles e os professores, o que tende a corroborar os pensamentos enunciados por Ilya Prigogine, em que pese a sua teoria voltar-se originalmente para os fenômenos físicos/químicos.

A cada momento, o processo de ensino-aprendizagem coloca os seus artífices diante do inusitado. Tal incerteza, agora entendida como sinônimo de criatividade, reforça a tese de que os professores têm a seu dispor um manancial pedagógico digno de nota, generoso em fenômenos únicos, permitindo-lhes o exercício de múltiplas reflexões e pesquisas, dando-lhes, por conta disso, passaporte para a fuga da condição que se lhes atribui de meros transmissores de informações/conteúdos.

Quando se acreditava na fragmentação, acreditava-se também, forçosamente, no determinismo das leis naturais. Nesses termos, não haveria interações que viessem a desviar as rotas pré-estabelecidas. Da feita que se passou a admitir a união ou ligação de elementos distintos, entrou em cena o fator “incerteza”, compondo a trilogia complexa “distinção-união-incerteza”, apreendida por Edgar Morin. A propósito, Petraglia (2002) assevera que a diversidade e a unidade do todo não são expressas pelos limites e insuficiências de um pensamento simplificador. Afirma também que o pensamento moriniano, pautado na epistemologia da complexidade, compreende unidades, interações diversas e adversas, incertezas, indeterminações e fenômenos aleatórios.

O sujeito age sobre o mundo exterior, e vice-versa, sendo que a singularidade de tais momentos demanda que o referido sujeito/perscrutador mantenha-se em permanente estado de vigília reflexiva e investigativa. A sala de aula, nesse sentido, torna-se um ambiente repleto de experiências únicas, fonte inestimável de material de pesquisa. Morin, Ciurana e Motta afirmam que:

(...) Em situações complexas, nas quais, num mesmo espaço e tempo, não há apenas ordem, mas também desordem; não há apenas determinismos, mas também acasos; em situações nas quais emerge a incerteza, é preciso a atitude estratégica do sujeito ante a ignorância, a desarmonia, a perplexidade e a lucidez. (MORIN, CIURANA; MOTTA, 2003, p.18)

Diante de tantas possibilidades, talvez seja mais fácil “construir” do que ficar “inerte”, se é que a incerteza dá margem a algum tipo de inércia.

Determinismo x previsibilidade

Prigogine (1996) frisa que o indeterminismo acalentado por Whitehead, Bergson e Popper torna-se mais aceitável e imperioso na física a cada dia que passa. Esse indeterminismo não deve, entretanto, ser confundido com imprevisibilidade. Ora se trata de previsibilidade alcançada pela probabilidade. Lembra o dilema epicurista

diante do determinismo, bem como a mudança, atualmente, da situação, posto que a física e outras ciências já podem confirmar a realidade da temporalidade e da criatividade em um Universo em evolução.

Por sua vez, os contextos históricos ajudam-nos a entender o porquê do afã de se encontrar uma verdade absoluta. Apesar da tentativa de se separar sujeito de objeto, resultante da oposição à interferência religiosa na produção do conhecimento (vide Renascimento e primórdios da Ciência Moderna), podemos dizer que o determinismo religioso continuou a imperar no pensamento científico através da crença em leis naturais absolutas, inabaláveis, sem lugar para incertezas, com um futuro demarcado pelo Criador, futuro que, em função de sua regularidade, também seria alcançável pelo homem através da compreensão desses mecanismos fixos que regeriam a “máquina” do Universo.

“Como encontrar a certeza” foi a questão que inspirou a vida e a obra de René Descartes, tanto mais porque o filósofo e matemático viveu em uma época de crises e de guerras, sobretudo religiosas, entre grupos que se gabavam de possuir essa certeza. Descartes procurava uma verdade que estivesse além das divergências. Buscava uma certeza científica que valesse para todos os homens, certeza que a sociedade ocidental julgou alcançada em sua plenitude não muito tempo depois, através da física newtoniana, imbatível por dois séculos.

Artífices importantes de uma nova revolução de idéias, Ilya Prigogine e seus congêneres, na agitação da virada do milênio (um tempo caracterizado por crises e por mudanças profundas, constituindo-se, pois, em época favorável à aceitação de referida revolução), afirmam, ao contrário, que “o futuro não é dado”, que “vivemos o fim das certezas”, o que não torna o Universo menos belo aos nossos olhos!

Porém, tanto o acaso puro, repudiado por Einstein, que disse em certa ocasião que Deus não joga dados (PRIGOGINE, 1996), quanto o determinismo significam negação da realidade. Weber, em tom esclarecedor relativamente ao uso da expressão “aleatório” nos textos prigoginianos, afirma:

Prigogine utiliza esse termo de maneira diferente da de outros cientistas (...).

Para Jacques Monod (Chance and necessity), por exemplo, o conceito de aleatório supõe um mundo governado pela casualidade cega, que aponta para um universo carente de sentido em termos humanos, próximo ao mundo “absurdo” dos filósofos existencialistas, em que Monod apóia seus argumentos.

Mas, para Prigogine, aleatório é sinônimo de não-determinado, espontâneo, novo: numa palavra, criativo. (WEBER, 1997, p.225)

Segundo o próprio Prigogine (1996), deve-se construir, no que diz respeito ao determinismo das leis naturais e ao acaso, os quais levam à alienação, um caminho estreito entre ambos, pautado por aferições probabilísticas.

Os que prezam a criatividade enfim agradecem!

3 PONTOS EM COMUM

O ideário de Ilya Prigogine e a teoria da complexidade moriniana reconhecem a realidade da incerteza. O determinismo não impera na natureza. O futuro não é totalmente dado porque comporta a incerteza, sendo construído conforme a nossa criatividade, conforme a “criatividade” do mundo à nossa volta.

De acordo com Morin:

Na termodinâmica, Prigogine detectou fenômenos de bifurcação no mundo físico. Num dado momento, encontram-se em jogo fatores de influências mútuas, sendo suficiente um fator infinitesimal para que um processo caminhe mais por um caminho do que pelo outro. (MORIN, 2002b, p.94)

Para Morin, o pensamento complexo é, essencialmente, o pensamento que integra a incerteza e que é capaz de considerar a organização. Prigogine afirma que “(...) Já não podemos aceitar as velhas distinções a priori entre valores científicos e éticos (...). Hoje sabemos que o tempo é uma construção, o que acarreta uma responsabilidade ética. (...) Em consequência, a atividade intelectual é relevante” (PRIGOGINE, 1997, p.227).

A “interação” é uma característica presente em ambos os pensamentos, no de Prigogine e no moriniano. Prigogine (1997, p.230) acredita que “(...) Chegamos hoje à percepção de estarmos entranhados no mundo como um todo (...)”, aceitando a realidade das interações. É preciso complementar a especialização com uma visão que, além de distinguir, possa associar, unir. “A compartimentalização do conhecimento é algo extremamente limitador e sobretudo condicionador” (D’AMBRÓSIO, 1993, p.82).

A relação sempre transformadora que aproxima sujeito e objeto do conhecimento constitui-se paradoxalmente em causa de um permanente processo que mantém distantes sujeito e objeto, daí o fato de o modelo/representação ligar e ao mesmo tempo afastar um do outro. Esse diálogo entre singularidades diz respeito à manifestação da incerteza, a qual, a seu turno, denota criatividade, contraposta à exclusividade dos processos ditos reversíveis ou deterministas alardeados pelo paradigma moderno.

Se o homem, conforme o paradigma complexo/emergente, a cada instante é causa e efeito do mundo, mostra-se então insensata a crença no isolamento das partes e na inexistência de vínculos entre elas e a(s) totalidade(s) que as abrange(m). O novo paradigma, que diz respeito a um “Universo complexo”, uma vez transportado para a seara pedagógica, corrobora a importância do professor como pesquisador, aproveitando-se o fato de que, nesses termos, a unicidade do que acontece no interior da sala de aula é/seria protagonizada pelos seus partícipes. Mesmo quando se tenta apenas repetir, não se pode escapar à mudança, pois a irreversibilidade dos acontecimentos impregna o mundo. Além do mais, uma prática docente de cunho permanentemente reflexivo e investigativo tenderá/tenderia a subsidiar o alunado na construção de modelos explicativos cada vez mais burilados acerca dos objetos estudados.

No passado, havia unanimidade quanto à veracidade da dicotomia entre sujeito e objeto do conhecimento. Atualmente, aumenta o fôlego da idéia de ligação entre as particularidades de/e um todo. Outrora, defendia-se a hegemonia do binômio formado por fragmentação e determinismo. Agora, o pensamento de união e de incerteza/criatividade, contraposto e ao mesmo tempo complementar ao paradigma da simplificação, ganha mais e mais adeptos. Em outros tempos, não era estranha a concepção de professor como mero transmissor de conteúdos pré-estabelecidos. Nos dias de hoje, o fazer docente imbuído de reflexão e de pesquisa é tido por um número expressivo de pessoas como alternativa segura para colocar a escola em sintonia com a complexidade da vida.

4 CONSIDERAÇÕES NECESSÁRIAS

Em que pese a complexidade dos objetos demandar representações cognitivas subsidiadas por recursos “estocásticos”, sob pena da geração de representações/modelos menos próximos dos objetos estudados, o nosso intento maior, ao tratarmos de alguns pontos comuns dos ideários de Edgar Morin e de Ilya Prigogine, a exemplo de ambos admitirem a realidade da tríade complexa “distinção-união-incerteza/criatividade”, não foi tanto salientar a nossa adesão à construção de representações/modelos que se pautassem por técnicas estocásticas – embora admitamos a sua importância – quanto enfatizar o valor, em nível filosófico, da tríade supracitada, que guarda correspondência com o tetragrama complexo formado por “ordem, desordem, interação e organização”.

Em termos pedagógicos, no sentido de que os laços entre os conhecimentos sejam reforçados, propomos aulas ministradas não por um único professor, mas pelo que resolvemos chamar de Duplas Heterogêneas de Professores (DHP¹⁶). Eles, os professores dessas díades, teriam formações acadêmicas distintas e trabalhariam em parceria entre si e com os estudantes, no mesmo espaço-tempo pedagógico, permutando idéias, criando vínculos intra (referentes a tópicos internos das disciplinas) e interdisciplinares, buscando, em instância maior, uma proximidade cada vez mais estreita da complexidade dos objetos estudados, em concordância, assim cremos, com os ideários de Ilya Prigogine e de Edgar Morin.

Entendemos ser conveniente divulgar, por fim, um depoimento poético de Prigogine acerca da maravilha da complexidade:

O universo parece ter algum parentesco com as Mil e Uma Noites, no qual Shehrazade narra estórias encravadas umas nas outras: há a cosmologia, a história da natureza encravada na cosmologia, a vida na matéria, as sociedades humanas como parte da história da vida. (PRIGOGINE, 2001, p.34)

¹⁶ Vide Levy (2003), disponível no *site* do Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento da Educação Matemática e Científica (NPADC) da Universidade Federal do Pará (UFPA).

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Maria da Conceição de. Complexidade, do casulo à borboleta. In: CASTRO, Gustavo de; CAVALHO, Edgar de Assis; ALMEIDA, Maria da Conceição de (orgs.). *Ensaios de complexidade*. 3.ed. Porto Alegre: Sulina, 2002, p.21-41.
- ASIMOV, Isaac. *Asimov explica*. 2.ed. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1982.
- BASSANEZI, Rodney Carlos. *Ensino-aprendizagem com modelagem matemática*. São Paulo: Contexto, 2002.
- BERGSON, Henri. Le possible et le réel. In: *Oeuvres*. Paris: PUF, Édition du Centenaire, 1970.
- BETTO, Frei. Indeterminação e complexidade. In: CASTRO, Gustavo de; CARVALHO, Edgar de Assis; ALMEIDA, Maria da Conceição de (orgs.). *Ensaios de complexidade*. 3.ed. Porto Alegre: Sulina, 2002, p.42-48.
- CAPRA, Fritjof. *A teia da vida: uma nova compreensão científica dos seres vivos*. 9.ed. São Paulo: Cultrix, 2004.
- D'AMBRÓSIO, Ubiratan. A transdisciplinaridade como acesso a uma história holística. In: WEIL, Pierre; D'AMBRÓSIO, Ubiratan; CREMA, Roberto. *Rumo à nova transdisciplinaridade: sistemas abertos de conhecimento*. São Paulo: Summus, 1993, p.75-124.
- GONÇALVES, Dalton. *Física*. 3.ed. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1979.
- LEVY, Lênio Fernandes. *Os professores, uma proposta visando à transdisciplinaridade e os atuais alunos de matemática da educação pública municipal de jovens e adultos de Belém, Pará*. Dissertação de Mestrado: Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento da Educação Matemática e Científica (NPADC) da Universidade Federal do Pará (UFPA), 2003.
- LIMA, Hermano Machado F. Ciência e complexidade. In: CASTRO, Gustavo de; CARVALHO, Edgar de Assis; ALMEIDA, Maria da Conceição de. (orgs.). *Ensaios de complexidade*. 3.ed. Porto Alegre: Sulina, 2002, p. 49-54.
- MORIN, Edgar. *O método 3: o conhecimento do conhecimento*. 2.ed. Porto Alegre: Sulina, 1999.
- _____. Ciência e consciência da complexidade. In: MORIN, E.; LE MOIGNE, J. L. *A inteligência da complexidade*. 2.ed. São Paulo: Fundação Peirópolis, 2001a, p. 25-41.
- _____. A epistemologia da complexidade. In: MORIN, E.; LE MOIGNE, J. L. *A inteligência da complexidade*. 2.ed. São Paulo: Fundação Peirópolis, 2001b, p. 43-137.
- _____. *Ciência com consciência*. 5.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001c.
- _____. Complexidade e ética da solidariedade. In: CASTRO, Gustavo de; CARVALHO, Edgar de Assis; ALMEIDA, Maria da Conceição de. (orgs.). *Ensaios de complexidade*. 3.ed. Porto Alegre: Sulina, 2002a, p.11-20.
- _____. Educação e complexidade: os sete saberes e outros ensaios. In: ALMEIDA, Maria da Conceição de; CARVALHO, Edgar de Assis. (orgs.). *Edgar Morin*. São Paulo: Cortez, 2002b, p.11-102.
- _____. *Os sete saberes necessários à educação do futuro*. 6.ed. São Paulo: Cortez, 2002c.
- _____. Edgar Morin: ninguém sabe o dia que nascerá. São Paulo: UNESP; Belém: UEPA, 2002d, *entrevista concedida a Edmond Blattchen*.

_____. A articulação dos saberes. In: CASTRO, Gustavo de; CARVALHO, Edgard de Assis; ALMEIDA, Maria da Conceição de. (orgs.). *Ensaios de complexidade*. 3.ed. Porto Alegre: Sulina, 2002e, p.29-74.

MORIN, Edgar; CIURANA, Emílio-Roger; MOTTA, Raúl Domingo. *Educar na era planetária: o pensamento complexo como método de aprendizagem pelo erro e incerteza humana*. São Paulo: Cortez; Brasília, DF: UNESCO, 2003.

MORIN, Edgar; KERN, Anne Brigitte. *Terra-pátria*. 3.ed. Porto Alegre: Sulina, 2002.

OREAR, Jay. *Física*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1971.

PETRAGLIA, Izabel Cristina. *Edgar Morin: a educação e a complexidade do ser e do saber*. 7.ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2002, 115p.

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

_____. O reencantamento da natureza, Nova York, EUA, 1984. Diálogos com cientistas e sábios: a busca da unidade. 12.ed. São Paulo: Cultrix, 1997, p.223-242. *Entrevista concedida a Renée Weber*.

_____. Ciência, razão e paixão. In: CARVALHO, Edgard de Assis; ALMEIDA, Maria da Conceição de (Orgs.). *Ilya Prigogine*. Belém: EDUEPA, 2001, p.13-101.

_____. Nome de deuses, Liège, Bélgica, 1997. *Ilya Prigogine: do ser ao devir*. São Paulo: UNESP, Belém, PA: EDUEPA, 2002 (entrevista concedida a Edmond Blattchen).

SILVA, Juremir Machado da. Em busca da complexidade esquecida. In: CASTRO, Gustavo de; CARVALHO, Edgard de Assis; ALMEIDA, Maria da Conceição de. (orgs.). *Ensaios de complexidade*. 3.ed. Porto Alegre: Sulina, 2002, p. 93-102.

WEBER, Renée. *Diálogos com cientistas e sábios: a busca da unidade*. 12.ed. São Paulo: Cultrix, 1997.

Recebido em: ago. 2007 **Aceito em:** dez. 2007