

UM NOVO DIÁLOGO COM A NATUREZA: PRIGOGINE E STENGERS E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA UM REPENSAR NA EDUCAÇÃO

Andresa Liriane Jacobs¹

Resumo: No decorrer do século XX, as investigações científicas têm demonstrado novas visões sobre a natureza, que surgem num contexto caracterizado pelos crescentes questionamentos sobre os saberes humanos. Leis antes consideradas algo absoluto, imutável, afastado da realidade em que vivemos, hoje tendem a ser compreendidas como interpretações de uma realidade que não abrange a sua totalidade, constituindo referenciais para uma interpretação muito mais ampla que não conseguimos abraçar por completo. As verdades absolutas estão sendo questionadas em sua significação, e esses questionamentos podem ser definidos como reflexo do contexto histórico que os incentiva. A visão de Ilya Prigogine e sua teoria das estruturas dissipativas contribuem para um novo diálogo com a natureza, partindo da compreensão do desenvolvimento histórico da ciência, que é caracterizado por uma série de transformações nas concepções sobre a natureza. Relaciono, nesse sentido, o papel decisivo da educação como um todo, e do ensino de ciências, no enfrentamento dessas questões.

Palavras-chave: Prigogine, história, ciências, natureza, educação.

Abstract: During the twentieth century, the scientific researches showed new insights about nature, that come into view in a context characterized by new questions about the human knowledge. Laws before considered absolute, invariant, moved away from the reality where we live, nowadays tend to be understood as interpretations of a reality that does not enclose its totality, constituting references for a much more ample interpretation that we do not understand completely. The absolute truths are being questioned in their meanings, and these questions can be defined by the influence of the historical context that stimulates them. The theory of dissipative structures (Ilya Prigogine) contributes to a new link with the nature, starting from the understanding of the historical development of the science, that is characterized by a series of transformations in the conceptions about the nature. I relate, in this direction, the decisive paper of the education as a whole, and of the education of sciences, in the confrontation of these questions.

Key words: Prigogine, history, sciences, nature, education.

¹ PPGE/CED/UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina. - Servidão Nunes, 309, Campeche. - 88063-340 – Florianópolis/SC - aljacobs@bol.com.br

Introdução

Partindo do ponto de vista de educadora do ensino de ciências, nos remetemos à abordagem de Ilya Prigogine e Isabelle Stengers, em *A Nova Aliança* (1997), principalmente. No livro *Entre o Tempo e a Eternidade* (1990), dos mesmos autores, o acompanhamento da discussão exige uma base maior em física e química, por isso nos atemos mais ao primeiro livro citado. Procuramos refletir sobre a repercussão da teoria das estruturas dissipativas de Prigogine no que ele mesmo chama de “um novo diálogo com a natureza”, que é produto da “metamorfose na ciência”, a transformação nas concepções humanas sobre a natureza que nos cerca, como objeto de estudo científico. A teoria das estruturas dissipativas possibilita uma relação entre abordagens de vários ramos da ciência, como a física, a química e a biologia, onde cada uma, com suas singularidades, desenvolvem concepções que cada vez mais admitem o papel da história no desenvolvimento das estruturas, a ordem surgindo da desordem, e a capacidade criativa da natureza. Há o questionamento quanto à noção de equilíbrio, pois quando relacionado a algo estático, como geralmente tem ocorrido, acaba não se identificando como fenômeno que mantém a organização dos sistemas vivos. Iniciemos recapitulando alguns aspectos dessa metamorfose histórica da ciência.

A metamorfose histórica da ciência

A teoria de Prigogine nos possibilita uma reflexão sobre a “metamorfose na ciência” em seu decorrer histórico. O autor se refere principalmente ao desenvolvimento da física, mas não deixa de relacionar aspectos da biologia e da química e seus respectivos contextos sociais. Nesse sentido, é importante salientar o posicionamento do biólogo Ernst Mayr (1998), que afirma, em relação a esse desenvolvimento histórico, que:

existe pouca congruência entre o que aconteceu nas ciências físicas e nas ciências biológicas. (...) As ciências biológicas ressentem-se da falta de unidade que caracteriza as ciências físicas, e (...) cada uma das várias disciplinas teve a sua própria cronologia de nascimento e florescimento (Mayr, 1998, p. 149-150).

Procuraremos demonstrar brevemente algumas particularidades nesse sentido, no desenvolvimento dessas duas ciências, a física, como pioneira nesse desenvolvimento, e a biologia, ciência mais recente como tal.

À filosofia de Aristóteles, interessava saber o *por que* do processo, e não o *como*. Com o domínio do cristianismo no Ocidente, o mundo eterno e estático grego foi substituído pelo conceito de criação: mundo criado recentemente, com base na Bíblia, inquestionável, destinado a servir o homem. “O mundo voltado para si do cristianismo medieval dava pouca atenção à natureza.” (Mayr, 1998, p. 115) O conhecimento escolástico se desenvolveu, e na alta Idade Média, renasceram a lógica, a cosmologia e a física. Os aspectos da natureza viva se restringiam ao ser humano (medicina), e a teologia natural só teve abertura após o século XVII. Mayr salienta que ao final do século XVI, a redescoberta do Aristóteles real, e não o escolástico, permitiu o crescimento da fisiologia e da história natural, como áreas do estudo da vida nessa época. As obras de Copérnico e Versalius foram publicadas em 1543, mais tarde Galileu (1564-1642) e Newton (1642-1727), períodos considerados como “Revolução Científica”, nas ciências físicas e na filosofia (Bacon, Descartes). Nesse contexto, Mayr comenta que “O equivalente mais próximo de uma revolução nas ciências biológicas poderia ser localizado mais ou menos entre 1830 e 1860, um dos períodos mais excitantes da história da biologia.” (Mayr, 1998, p. 151), com o fortalecimento da embriologia, o início da citologia, a nova fisiologia, e principalmente, a teoria da seleção natural de Darwin e Wallace. Mas essas atividades foram praticamente independentes.

As idéias aristotélicas confrontaram com as de Galileu, no início do século XVII, sendo que o mesmo excluiu o *por que* da ciência, unindo técnica e teoria, desenvolvendo assim a interrogação experimental, nova forma de observar o mundo. Por um bom tempo essa idéia teve que subsistir como “culturalmente aceitável” perante o poder cristão, numa associação “nada inocente” entre ciência e religião, como afirmam Prigogine e Stengers, até o seu distanciamento, também dos demais contextos, na segunda metade do século XVII, com a repercussão do trabalho de Newton, principalmente.

Já nesse contexto, o século XVII é marcado pelo desenvolvimento da ciência do movimento, de modo que se opôs ao modelo biológico, à “organização espontânea e autônoma dos seres naturais”. (Prigogine & Stengers, 1997, p. 203). A concepção pairava entre o

atomismo aleatório e precário da época e a existência de uma 'força' exterior às massas, base do vitalismo, pressupondo uma ordem legal à natureza. Em 150 anos, o mundo encantado de enigmas a serem descobertos, desencantou-se, o 'espírito científico' é acusado de passar de fonte de inspiração para ameaça à vida em si, destruindo também outros saberes, tradições, experiências íntimas da memória cultural, tornando-se assim, instrumento de controle e dominação, com base na verdade de suas leis gerais, segundo Prigogine e Stengers. O acaso precário e espontâneo dos turbilhões é vencido pela lei matemática imutável, concebendo um mundo ordenado, da dinâmica, de origem aristotélica, imutável e divino, das trajetórias astronômicas, onde os objetos de ciência não eram atingidos pelo tempo, excluindo a questão do nascimento e da morte. Simulam um ideal a se realizar pelo sistema dinâmico, onde somente a realidade interior ao sistema tem sentido como "sistema de mundo". As leis universais pressupõem conservação, reversibilidade e determinismo. A natureza era considerada estranha ao homem que a descreve, submissa à física matemática, autômata, previsível, estúpida, e por isso, *manipulável*.

Assim, já no século XVIII, a ciência como diálogo com a natureza criadora se enfraquece, ao mesmo tempo em que se torna auto-suficiente, transparente e independente do Deus clássico. E o observador se coloca numa posição externa à natureza a qual interroga, e procura decifrar. Ficam evidentes as disputas sem saída e o ceticismo dos físicos quanto à dinâmica, mas mesmo as refutações a Newton se transformaram em demonstração brilhante da validade e fecundidade de sua teoria. Com o abandono da inspiração vitalista e aristotélica, ainda persiste a questão da organização dos seres vivos, apontando assim, a insuficiência da explicação mecanicista para a vida. Nesse período os biólogos em geral especulavam sobre o animal-máquina, a preexistência de germes e a grande cadeia dos seres vivos, de interesse também da teologia. Nesse período, segundo Prigogine e Stengers, são os químicos e médicos que mais questionam e respeitam a complexidade dos processos reais, a diversidade e a singularidade da matéria e da vida, pondo-se contra a física, defendendo a vida como fenômeno que desafia e resiste às leis físicas, até que se entregue à morte, em seu ciclo natural. Propõem um conhecimento rival, com base em outra forma de proceder.

A filosofia kantiana demonstra o caos causado pelo abandono de Deus pela ciência, onde a mesma já não decifra mais a palavra da criação, centrando o homem como criador que garante a ordem dos

fenômenos naturais, e assim, distinguindo as simples sensações que recebemos, do conhecimento objetivo. A filosofia abandona à ciência o saber positivo, 'natural', ficando com a existência humana, como algo transcendental, alegando ser impossível o diálogo com algo fechado em si próprio, e de certa forma, legitimando o conhecimento científico a partir dessa distinção. A ciência impõe sua linguagem à natureza, descobrindo o que as coisas dizem de particular nessa linguagem geral, com base prática, articulando as respostas possíveis. O abandono da ciência pela filosofia reforçou a tendência à fragmentação geral do conhecimento, onde a prática ficou sem a sua reflexão, segundo Prigogine e Stengers.

No início do século XIX permanece o conflito reducionismo versus anti-reducionismo, proliferando teorias incompatíveis com as de Newton, e repercutindo também os efeitos da matematização. Fortalecem-se a eletricidade e a físico-química. A termodinâmica surge em relação à *utilização* do calor, e não à sua *natureza*, partindo da lei de condução do calor de Fourier, sendo o primeiro processo intrinsecamente irreversível, espontâneo, não controlável com expressão matemática, que descreve o desperdício irremediável no emprego do calor para mover um motor. A natureza é traduzida em recursos naturais, lucro e prejuízo. A irreversibilidade é assim reconhecida, como novo ponto de vista, diante da preocupação com o esgotamento dos recursos naturais e com perspectivas de revolução e progresso. Nesse contexto, a natureza reaparece como não controlável em sua totalidade. O princípio da conservação da energia surge revelando e dissimulando ao mesmo tempo o poder da natureza, causando a 'ressonância cultural', com as concepções de homem-máquina energética, sociedade-motor, natureza-energia. A química e a fisiologia aderiram em grande parte à análise sistemática, justificada pelo kantismo, já no século XIX, como Helmholtz, com a compreensão da natureza em termos mecânicos, e com isso aderindo ao vitalismo, concepção forte nesse século, que não exclui a existência de uma 'força vital' que justifique o desenvolvimento e a especificidade dos seres vivos, o que expõe uma "convicção subjetiva associada à atividade científica objetiva (...) reducionista" (Prigogine & Stengers, 1997, p. 72) A gênese ou essência da vida não era fortemente questionada até a reviravolta causada em 1859 pelo livro *A Origem das Espécies*, de Charles Darwin.

Mayr, como darwiniano declarado, considera que a partir do desenvolvimento da idéia de evolução biológica, foi possível uma abertu-

ra à história como fator crucial para os seres vivos, de modo que a explicação mecanicista de Descartes já era insuficiente para abordar esses aspectos históricos. Já no século XX, procurou-se compreender a natureza partindo dos processos irreversíveis, inspirado nas capacidades dos seres vivos de evoluir, inovar, comportar-se de modo imprevisível e incontrolável. Dessa forma, houve uma maior aproximação ao caráter imprevisível da natureza. A dinâmica e a mecânica quântica reconheceram a excepcionalidade dos primeiros diálogos experimentais, localizados em sistemas controláveis, sendo que no século XX,

as ciências da natureza libertaram-se (...) de uma concepção estreita da realidade objetiva que crê dever negar em seus princípios a novidade e a diversidade, em nome de uma lei universal imutável. (...) Abriam-se, por isso, ao diálogo com a natureza que não pode ser dominada mediante um golpe de vista teórico, mas somente explorada, com um mundo aberto ao qual pertencemos e em cuja construção colaboramos (Prigogine & Stengers, 1997, p. 209).

Essa busca da verdade pelo irreversível se direcionou, inicialmente, para a conversão do diverso ao idêntico, do mutante ao permanente, eliminando o tempo, segundo Prigogine e Stengers, como fruto da tradição da física. Hoje a mesma não nega mais o tempo, reconhece-o como irreversível, ritmado, bifurcante. “A história, seja a de um ser vivo ou de uma sociedade, não poderá nunca ser reduzida à simplicidade monótona de um tempo único, quer esse tempo cunhe uma invariância, quer trace os caminhos de um progresso ou de uma degradação” (Prigogine & Stengers, 1997, p. 211).

O que na origem da ciência era uma aposta audaciosa contra o aristotelismo se configurou em afirmação dogmática contra aqueles que procuravam respeitar a “diversidade qualitativa da natureza”, ou seja, em geral os químicos, biólogos e médicos. Mas no fim do século XIX, o confronto se criou mais entre a ciência e o resto da cultura, principalmente a filosofia, a mesma contra o dogmatismo desenvolvido no discurso científico. Dessa forma, pairava a crítica à condição privilegiada, extraterritorial dos físicos como observadores da natureza, pois eles, como todos, são parte de uma cultura a qual sustenta sua existência. Nesse contexto, é importante salientar que os autores indicam a atual busca da ciência pelos processos complexos, “que constituem o mais

familiar dos mundos, o mundo natural onde evoluem os seres vivos e suas sociedades.” (Prigogine & Stengers, 1997, p. 25)

A biologia, atualmente, ressalta Mayr, tende à unificação, o vitalismo já está refutado seriamente, a complementaridade entre biologia funcional e evolutiva está cada vez mais sendo admitida². Os últimos anos perceberam a “emancipação definitiva da biologia das ciências físicas”. Partindo desse pressuposto, Mayr diferencia os processos complexos vivos dos não-vivos, ao atestar que nos últimos anos:

é amplamente admitido não só que a complexidade dos sistemas biológicos é de uma diferente ordem de magnitude, mas também que a existência de *programas historicamente desenvolvidos*³ é algo desconhecido no mundo inanimado. *Processos teleonômicos*⁴ e sistemas adaptados, tornados possíveis por esses programas, são desconhecidos nos sistemas físicos. Os processos de emergência - origem de novas qualidades ou propriedades, previamente insuspeitadas, nos níveis superiores de integração, em sistemas hierarquicamente complexos - são muito mais importantes nos sistemas vivos do que nos sistemas inanimados (Mayr, 1998, p. 156; grifos meus).

Mayr admite que a compreensão *plena* dos sistemas complexos só ocorrerá com a combinação das abordagens reducionista e emergentista. Prigogine, de modo singular, adverte sobre essa “superestimação da força da racionalidade humana” em seu diálogo com Renée Weber (Prigogine apud Weber, 1986, p. 240), onde esta complementa que é preciso uma “racionalidade autocrítica consciente de sua limitação”, quando Prigogine fala da importância de tentarmos conciliar “predição e controle” com “compreensão e poesia”. Nesse sentido, podemos salientar que a idéia de compreensão plena não se acomoda muito bem ao pressuposto de imprevisibilidade das estruturas

² Essa é uma característica peculiar da história da biologia, ou seja, a convivência, a partir do século XIX, de disputas entre a biologia que estuda as causas próximas na vida (*o como?*), denominada funcional, e a biologia que estuda as causas remotas (*o por que?*), característica da biologia evolutiva. Ver Mayr, 1998, p.37-103.

³ Mayr se refere aos programas genéticos, como historicamente desenvolvidos desde a consolidação da vida na Terra.

⁴ Mayr considera teleonômico todo processo ou comportamento orientado a um fim, à operação de um programa. Ver Mayr, 1998, p.66.

dissipativas, pela sua relação de interdependência e de interconexão com o todo, no decorrer histórico da estrutura.

Enfatizando a interdependência, podemos mostrar que vida e não-vida não se opõem. E assim tem de ser porque, de outra forma, teríamos de um lado um mundo mecânico e de outro um mundo humano, todos separados por barreiras absolutas. Se fosse assim, teríamos de apelar para algum conhecimento transcendental para ultrapassar as barreiras (Prigogine, apud Weber, 1986, p. 231).

Ao mesmo tempo em que para Mayr, ocorre atualmente uma unificação na biologia, para isso ela necessariamente teve que se afastar da física, justificando assim a distinção entre vida e não-vida, principalmente, pela característica básica da vida possuir um programa genético historicamente construído. Dessa forma, podemos considerar que a idéia de Mayr não apresenta conflito com a teoria de Prigogine, se considerarmos que esta teoria se relaciona mais com a idéia da possibilidade da criação de um programa genético, nos sistemas vivos, através do que foi observado nas estruturas dissipativas. Em seu livro, Mayr fala brevemente de comentários de Monod (1974) sobre Eigen (1971) e Prigogine⁵, como “físicos obstinados”, que reviveram a teoria da ortogênese⁶. Esse posicionamento acaba sendo inevitavelmente contestado no sentido de que a teoria das estruturas dissipativas admite a *possibilidade* de ordem a partir da desordem, dependendo da história própria de uma estrutura, sem pré-determinar uma direção de perfeição, apenas alertando que a auto-organização de uma estrutura pode ocorrer ou não, dependendo de todas as condições do entorno que caracterizam a história de uma determinada estrutura dissipativa.

Podemos completar que a reflexão que Prigogine e Stengers fazem em relação ao conhecimento científico acaba obtendo um sentido mais global, que reconhece a singularidade de um sistema vivo, em relação à um sistema não-vivo. Os autores ressaltam que o século XX procurou nos processos irreversíveis uma chave para compreender a natureza, inspirado nas capacidades singulares dos seres vivos, como já comentado. Ou seja, a ciência ruma para a compreensão do “papel

⁵ Ver Mayr, 1998, p.69.

⁶ Essa teoria se refere à admissão da existência de uma força não-física que impulsiona o mundo vivo para cima, na direção de uma crescente perfeição.

construtivo da irreversibilidade; é o domínio onde as coisas nascem e morrem ou se transformam numa história singular tecida pelo acaso das flutuações e a necessidade das leis.” (Prigogine & Stengers, 1997, p. 207)

Nos aproximamos mais da natureza à medida que percebemos que seus caminhos não podem ser previstos com segurança. Assim, a variedade de concepções atuais sobre a natureza, entre físicos, biólogos, químicos, sociólogos, enfim, entre os cientistas, de um modo geral, caminham para um “novo diálogo com a natureza”, mais próxima à realidade que presenciamos em nossa condição humana, ou seja, de ser vivo.

Tanto a nível macroscópico como a nível microscópico, as ciências da natureza libertaram-se, portanto, de uma concepção estreita da realidade objetiva que crê dever negar em seus princípios a novidade e a diversidade, em nome de uma lei universal imutável. (...) Abriam-se, por isso, ao diálogo com a natureza que não pode ser dominada mediante um golpe de vista teórico, mas somente explorada, com um mundo aberto ao qual pertencemos e em cuja construção colaboramos.” (Prigogine & Stengers, 1997, p. 209)

A física hoje não nega mais o tempo, o devir, segundo Prigogine e Stengers. A ciência:

se afirma hoje como ciência *humana*, ciência feita por homens e para homens. No seio de uma população rica e diversa em práticas cognitivas, nossa ciência ocupa a posição singular de escuta poética da natureza - no sentido etimológico em que o poeta é um fabricante -, exploração ativa, manipuladora e calculadora, mas doravante capaz de respeitar a natureza que ela faz falar (Prigogine & Stengers, 1997, p. 215).

A concepção de natureza “estúpida” foi superada e considerada a sua capacidade criativa, que, dessa forma, admite a possibilidade de surgimento da vida, onde toda estabilidade não se impõe, e sim depende das suas circunstâncias e estão a mercê delas. A compreensão

dessa interdependência dos processos é uma visão, podemos dizer, de caráter relacional, que pode ser expandida à realidade humana como um todo, aceitando o que sempre foi percebido, um mundo plural, e ao mesmo tempo repleto de singularidades, antes repudiadas pela ciência, diante do que tem sido idealizado como tal. É esse o mundo real, que o conhecimento científico tem se aproximado, cada vez mais.

Em termos gerais, procuramos apresentar as idéias centrais da teoria das estruturas dissipativas de Ilya Prigogine, prêmio Nobel de Química em 1977, mas que desde a década de 60 estuda situações de sistemas afastados do equilíbrio que geram auto-organização, como a "estabilidade de Bénard", e também os "relógios químicos", desenvolvendo assim sua teoria. Passemos a um esboço da mesma.

A teoria das estruturas dissipativas

A denominação da teoria, "estruturas dissipativas" pretende indicar concepções consideradas geralmente contraditórias, mas que na verdade coexistem, a estrutura e a mudança, o ser e o vir a ser. Assim, as estruturas dissipativas podem ser caracterizadas por poderem manter-se em estado estável afastadas do equilíbrio.

A estrutura matemática linear da termodinâmica clássica não foi considerada adequada para descrever esses sistemas longe do equilíbrio, segundo Prigogine. O segundo princípio da termodinâmica aborda a evolução de um sistema, perto do equilíbrio, no sentido do mesmo chegar o mais perto possível desse equilíbrio, ou seja, minimizando a entropia (desordem). Entretanto, à medida que o sistema se afasta do equilíbrio, surgem instabilidades, e a entropia aumenta, gerando novas formas de ordem, que se afastam mais e mais do equilíbrio, aumentando assim a complexidade do sistema, e com isso, o grau de não-linearidade das equações matemáticas correspondentes, que geralmente têm mais de uma solução, dependendo de seu grau. Ocorre assim, um ponto de bifurcação no sistema, podendo ele se ramificar em um estado novo. Enfoca-se a dependência da história anterior desse sistema no comportamento do mesmo, partindo do ponto de bifurcação, história essa caracterizada pelas condições do entorno desse sistema, que já não podem ser previstos de modo exato, conferindo o caráter imprevisível desse estado. "Correlações de longo alcance aparecem precisamente no ponto de transição do equilíbrio para o não-equilíbrio, e a partir desse ponto em diante o sistema se comporta como um todo" (Capra, 1996, p.

150).

A teoria de Prigogine confere o caráter irreversível ao sistema longe do equilíbrio, o que difere da abordagem newtoniana reversível dos fenômenos, a partir da investigação de processos químicos presentes e essenciais aos seres vivos, os "laços catalíticos", ou seja, uma variedade de relações não-lineares complexas entre catalisadores, onde instabilidades ocorrem devido à processos de realimentação e auto-amplificação, emergindo pontos de bifurcação, e com isso novas estruturas de complexidade crescente podem se desenvolver. Dessa forma, a ordem surge desse processo instável e irreversível, em contraste ao que a termodinâmica clássica aponta: a entropia (desordem) crescente.

O mundo vivo ganha sentido na visão de Prigogine, sem que se invalide a segunda lei da termodinâmica, e sim considerando as relações entropia-desordem de outra forma. Mesmo com a entropia crescente, não há aumento uniforme de desordem. A ordem está flutuando num oceano de desordem, atesta Prigogine. A concepção clássica da relação entre ordem e equilíbrio, e desordem e não-equilíbrio convive agora com a ordem partindo do não-equilíbrio, como é percebido nos sistemas vivos.

Uma estrutura dissipativa se mantém afastada do equilíbrio, e pode até mesmo se afastar cada vez mais dele por meio de uma série de bifurcações. Nos pontos de bifurcação, estados de ordem mais elevada (...) podem emergir espontaneamente. No entanto, isso não contradiz a segunda lei da termodinâmica. A entropia total do sistema continua crescendo, mas esse aumento de entropia não é um aumento uniforme de desordem. No mundo vivo, a ordem e a desordem sempre são criadas simultaneamente (Capra, 1996, p. 155).

Assim, conclui-se que o não-equilíbrio é fonte de ordem. De acordo com a concepção de Boltzmann, em relação à entropia, o estado de equilíbrio é o mais provável (incluindo a probabilidade nessa questão), entretanto, existe a possibilidade de que um estado pouco provável seja atingido. Os estudos das reações químicas feitas por Prigogine e colaboradores, os "relógios químicos", mostraram a necessidade da presença de laços catalíticos para que o sistema chegue num ponto de instabilidade química. Nesses pontos de instabilidade ocorrem processos imprevisíveis, onde emerge a ordem de modo espontâneo, aumentando

assim a sua complexidade, através da combinação entre reações químicas e difusão.

O ponto de bifurcação é o limite da estabilidade, a partir do qual a estrutura pode "decidir", em se decompor ou em seguir um dos vários novos estados possíveis de ordem, e, a partir daí, o processo depende da história anterior do sistema. "Dependendo de qual caminho ele tenha tomado para alcançar o ponto de instabilidade, ele seguirá uma ou outra das ramificações disponíveis depois da bifurcação (Capra, 1996, p. 156). A ligação existente nos seres vivos entre estrutura e história, pode ser relacionada ao processo descrito, como frequentemente faz Prigogine.

O ponto de bifurcação demonstra a grande sensibilidade do sistema às pequenas flutuações no seu ambiente, que podem definir seu "caminho". A incapacidade de detectarmos o momento exato desse processo nos impossibilita a previsão e seu futuro, o que Prigogine chama de "ordem por meio de flutuações".

Nesse contexto, a teoria das estruturas dissipativas modifica as concepções sobre a natureza, o mundo que nos cerca, onde o ser vivo: funciona longe do equilíbrio, (...) num domínio onde (...) os processos que dissipam energia, desempenham o papel construtivo, são fonte de ordem. (...) a idéia de lei universal cede o lugar à de exploração de estabilidade e instabilidade singulares, a oposição entre o acaso das configurações iniciais particulares e a generalidade previsível da evolução que elas determinam dá lugar à coexistência de zonas de bifurcação e de zonas de estabilidade, à dialética das flutuações incontroláveis e das leis médias deterministas (Prigogine e Stengers, 1997, p. 143; grifo meu).

Dessa forma, percebemos as possíveis repercussões da teoria de Prigogine no contexto histórico em que a mesma se desenvolveu, ou ainda, a possibilidade atual de questionamentos crescentes sobre as formas de concepção sobre a natureza como objeto de estudo. A seta do tempo, segundo Prigogine, não pode mais ser ignorada nas diversas formas de conhecimento humano, como tem ocorrido no passado histórico da ciência. "Tempo é criação. (...) o passado está lá, o presente tem duração finita e o futuro ainda não está lá. Esse é um conceito de natureza bastante similar ao tempo biológico." (Prigogine apud Weber, 1986, p. 234-35)

Conclusão

Acreditamos que a contribuição mais significativa que extraímos das idéias de Prigogine e Stengers consiste no reconhecimento da importância da abordagem do tempo nos processos naturais, que são tratados no ensino de ciências, principalmente no que se refere às ciências biológicas, que têm como base de estudo, primeiramente, questões sobre a origem da vida, a sua caracterização, as condições para a manutenção da mesma, e também a sua capacidade de diferenciação, ao longo do tempo. A questão do tempo é discutida por Prigogine através da articulação de alguns conceitos, que se desenvolveram na história da ciência, uns mais valorizados, outros negligenciados, por motivos específicos ao contexto de cada momento histórico, até os dias de hoje. Dentre esses conceitos, podemos reconhecer principalmente, a análise comparativa entre o simples e o complexo, o reversível e o irreversível, o estável e o instável, e, nesse sentido, a proximidade ao equilíbrio e o afastamento do equilíbrio; com o objetivo de reconhecer o tempo, em todos os processos. Nesse sentido, os autores apontam a negligência na abordagem do tempo no desenvolvimento do conhecimento científico, particularmente na física, e mesmo assim o posterior florescimento de questões novas, que apontavam de alguma forma para a questão do tempo, até os dias de hoje.

Através da ciência, como faz Prigogine, é possível uma nova abordagem sobre a vida, onde é interessante refletir sobre a noção do que é considerado como equilíbrio, quando tratado como fator determinante da caracterização e da manutenção dos sistemas vivos. O equilíbrio interior de um organismo (homeostase), ou o equilíbrio de um ecossistema, de alguma forma nos leva à concepção geral de algo estático, e, portanto, em ordem. Mas se assim o fosse, não haveria a vida, que só existe através dos diversos processos que se mantêm diante da força das condições oriundas do ambiente, que forcem um equilíbrio estático, ou seja, o que resultaria na morte do organismo. Nesse sentido, as idéias de Prigogine nos advertem sobre a possibilidade dessa concepção equivocada que relaciona a manutenção das relações da vida com um equilíbrio estático, desconsiderando assim, o fator crucial nesse processo: o tempo. As idéias de Prigogine nos possibilitam uma reflexão profunda sobre o processo da vida como tal, caracterizada por processos que continuamente englobam o equilíbrio e o desequilíbrio, sendo que a capacidade de organização da vida parte da luta contra o

estático, ou seja, a morte. Vida é movimento, o equilíbrio se estabelece pressupondo os estados de desequilíbrio. a ordem pode surgir da desordem, como percebemos através das estruturas dissipativas.

Percebemos, nesse sentido, que essa noção predominante de equilíbrio estático, pode ter sido fruto de uma abordagem mais simplista para explicar o que realmente ocorre na natureza, de modo insuficiente, principalmente se relacionando ao equilíbrio dos sistemas vivos. Para estes, há a necessidade de analisarmos os vários estados singulares que ocorrem no decorrer do tempo, ou seja, as diversas situações, na história de um sistema vivo, que envolvem o equilíbrio e o desequilíbrio, que, quando mantém uma ordem, mantém a vida.

A importância das concepções de equilíbrio para explicar os sistemas vivos torna-se significativa no ensino de ciências, se quisermos desenvolver uma visão mais integrada do conhecimento, tanto nas ciências naturais como nas ciências humanas. As idéias de Prigogine, como percebemos, oferecem uma forma de tentarmos inter-relacionar os saberes, partindo do que ele aborda nas ciências naturais. A partir da forma em que essas concepções se estruturam em nossos pensamentos, orientamos nossas ações, como educadores do ensino de ciências, particularmente a biologia, e que assim, repercutem no pensar e no agir dos educandos, reciprocamente, o que caracteriza a nossa prática educativa. Nesse contexto, podemos refletir se essa prática se aproxima ou não à realidade que nos cerca, a realidade da natureza e suas relações, a realidade da possibilidade da criação e da manutenção da vida, o que inclui nós mesmos, como espécie humana relacionada ao ambiente em que vivemos.

Além disso, é importante salientar que Prigogine deixa claro que reconhece a relação da ciência com o seu contexto social, ou seja, considerando a importância do seu desenvolvimento histórico, e suas singulares circunstâncias.

Inclino-me a pensar que a ciência está profundamente radicada na história social. A ciência ocidental nasceu numa época de monarquias absolutas. A idéia era de que o monarca, como o Deus e o cientista, possuía uma sabedoria eterna, imutável. O universo devia satisfazer leis eternas. O que poderia significar a incerteza no espírito de Deus? E no espírito de um cientista que, em certo sentido, era o

representante de um conhecimento superior? Foi bom que tal atitude prevalecesse a princípio, porque nos permitiu estudar sistemas simples. Se, de pronto, começássemos a pesquisar sistemas complexos, talvez a ciência moderna jamais tivesse nascido. (...) Por tudo isso, é muito difícil saber exatamente por que a irreversibilidade tem sido negligenciada. Mas é significativo que esses interesses em sistemas complexos, tempo e novas visões de transformações surja num período de transição da sociedade humana (Prigogine apud Weber, 1986, p. 235-36).

Podemos refletir se o florescimento desse novo olhar para a natureza corresponde aos anseios globais das sociedades humanas atuais, mas não podemos concluir ao certo, e sim perceber as relações entre as questões da ciência e seu contexto cultural. A proposta de “um novo diálogo com a natureza”, torna-se significativa quando percebemos como ela tem sido encarada no decorrer do desenvolvimento histórico da ciência. Prigogine e Stengers recordam essa história, recapitulando que a natureza antiga foi fonte de sabedoria, a natureza medieval, falava de Deus, e a natureza moderna, tornou-se muda, estúpida e previsível pelas leis gerais. Atualmente, segundo os autores, o encerramento dessa divisão entre a ciência e a sabedoria pode ocorrer, como fruto de uma reflexão global sobre essa questão, nesse final de milênio, e com a participação da ciência.

É com base nessas reflexões sobre as transformações na visões de mundo expressas no desenvolvimento científico, que articulamos o papel decisivo da educação. Esta pode, tanto continuar reproduzindo uma concepção de ciência como verdade absoluta, como pode, também, buscar desmistificá-la, com base no diálogo entre educandos e educadores, e na abordagem histórica do conhecimento, ou seja, tentando mostrar que toda atividade humana está imersa num contexto social. Essa segunda opção é a que se relaciona com o objetivo principal da educação, no referencial de Paulo Freire (1987), que é a libertação dos indivíduos. Cabe a cada educador de ciências, dessa forma, estar ciente das suas opções, e das conseqüências que elas podem gerar em seus educandos.

Referências Bibliográficas

- CAPRA, Fritjof. *A teia da vida. Uma nova compreensão dos sistemas vivos*. São Paulo: Cultrix, 1996.
- FREIRE, Paulo. *Pedagogia do oprimido*. Rio de Janeiro: Ed. Paz & Terra, 1987.
- MAYR, Ernst. *O desenvolvimento do pensamento biológico. Diversidade, evolução e herança*. Brasília: Ed. UnB, 1998.
- PRIGOGINE, Ilya & STENGERS, Isabelle. *A nova aliança. Metamorfose da ciência*. Brasília: Ed. UnB, 1997.
- PRIGOGINE, Ilya & STENGERS, Isabelle. *Entre o tempo e a eternidade*. Lisboa: Ed. Gradiva, 1990.
- WEBER, René. *Diálogo com cientistas e sábios. A busca da unidade*. São Paulo: Cultrix, 1986.