



## O CONCEITO DE BIFURCAÇÃO DE ILYA PRIGOGINE COMO OPERADOR COGNITIVO PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS À LUZ DO PENSAMENTO COMPLEXO

Paulo de Assis Lago

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB (Brasil)

Endereço eletrônico: paulodeassislago@gmail.com

### INTRODUÇÃO

A virada para a terceira década do século XXI não podia ter sido mais clara: há cada vez mais perguntas e menos respostas aos problemas de nosso tempo. A crise gerada pela pandemia da COVID-19 generalizou mundialmente uma sensação de descontrole sobre nosso presente e nosso futuro como cidadãos. Essa sensação, acentuada pela mais recente crise global, não é, contudo, fruto apenas dos acontecimentos dos últimos dois anos, mas, firma-se como um marco de nossa era: como sociedade, parecemos incapazes de lidar com os principais problemas que dizem respeito a todos os habitantes do planeta. As mutações climáticas, a degradação ambiental, a fome e pobreza extremas, a ameaça nuclear e tantas outras questões fundamentais não cessam de se agravar e, concomitantemente, não há a clareza de um projeto capaz de saná-las.

Eis aqui um problema paradigmático e epistemológico, pois é justamente esse tipo de distinção que sustenta a cosmovisão ocidental moderna, norteadora do pensamento característico do nosso tempo, que Edgar Morin *et al* (2003) define como Era Planetária. Segundo Morin (2015), esse pensamento vive sob o império dos princípios da disjunção, redução e abstração que formam o *paradigma da simplificação*. De forma breve, a disjunção isola radicalmente as questões que envolvem o humano das questões que envolvem o mundo físico, natural ou biológico. Entretanto, os problemas do conhecimento são complexos, e, para serem tratados de forma unidimensional, necessitam ser reduzidos a essa perspectiva.

É essencial ressaltar que esse paradigma permitiu, desde o século XVII, o nascimento, estabelecimento e progresso da ciência moderna, com seus trunfos e falhas. Sua crise se instala, justamente, devido ao seu sucesso, uma vez que o desenvolvimento do projeto moderno nos expôs os limites de seu próprio paradigma. Como destaca Morin em *A cabeça bem-feita* (2021, p. 15), “quanto mais a crise progride, mais progride a incapacidade de pensar a crise”.

2068

Realização:



Apoio:





É necessário pensar na construção de uma *reforma de pensamento* capaz de nos sintonizar com nossos desafios, na qual a educação e, em especial, o ensino de ciências, toma protagonismo. Trata-se de contribuir para o desenvolvimento de uma aptidão para “contextualizar e globalizar os saberes” (Morin, 2021, p. 24) em busca de um pensamento “*ecologizante*”, que tudo situa de forma inseparável de seu meio ambiente. Ainda, “trata-se ao mesmo tempo de reconhecer a unidade dentro do diverso, o diverso dentro da unidade (...); a diversidade humana em meio às diversidades culturais e as diversidades individuais e culturais em meio à unidade humana” (Morin, 2021, p. 25).

Assim, um dos desafios para a educação no século XXI é construir uma base de pensamento transdisciplinar, que religue conhecimentos divorciados. Isso passa por superar a distinção Natureza/Cultura, ou seja, entender a cultura como parte da natureza e, assim, nos enxergarmos como parte dela. Em outras palavras, reaproximar a cultura científica e humanística, incomunicáveis, como argumenta C. P. Snow (2015). Além disso, reconhecer a *incerteza* como parte constitutiva dos fenômenos do mundo, para aprendermos a conviver com elas. Assim, nas palavras de Almeida (2008, p. 44), “a educação emerge como um lugar de apostas essenciais para compreender e agir num mundo imerso na incerteza”.

Para isso, faz-se necessário conceber uma nova ideia de ciência que nos forneça conteúdo epistemológico para a construção desse pensamento. Nesse sentido, o ensino de ciências tem papel preponderante. É oportuno trazer à tona a ideia de uma *nova aliança com a natureza*, proposta pelo químico Ilya Prigogine, em parceria com Isabelle Stengers (1991), a partir das implicações que seu trabalho na termodinâmica do não-equilíbrio nos trouxe. Prigogine mostra que diferentes estruturas de organização complexa se formam em sistemas caóticos a partir de pequenas (e imensuráveis) perturbações e, dessa maneira, a natureza “se cria” na emergência de padrões de comportamento completamente novos e matematicamente imprevisíveis, as *bifurcações*. Uma natureza criativa, que comporta a incerteza em seu seio, nos obriga a repensar a forma com que nos habituamos a construir conhecimento e está conectado a um mundo que muda e que, como humanidade, não conseguimos acompanhar.

## METODOLOGIA

O pensar complexo de Edgar Morin nos leva a compreender o processo de produção de conhecimento através do estabelecimento de *estratégias* capazes de articular princípios complexos como a recursividade, a hologramática e a concepção



sistêmica. Nesse sentido, buscamos ferramentas para a construção do pensar complexo dentro do ensino de ciências. Para Maria da Conceição de Almeida (2012), “Se é possível identificar ferramentas morinianas, estas são a migração de conceitos e a construção de metáforas” (p. 43). Assim, estabelece-se como procedimento a construção de *operadores cognitivos* capazes de frutificar a reflexão acerca dos princípios do pensar complexo por meio dessas ferramentas.

Devido à fecundidade epistemológica do trabalho de Ilya Prigogine, foram analisados os livros *A Nova Aliança* (PRIGOGINE e STENGERS, 1996), *O Fim das Certezas* (2011) e *Ciência, Razão e Paixão* (2009) a fim de avaliar a construção de um operador cognitivo para o ensino.

2070

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O cerne do trabalho científico de Prigogine está no desenvolvimento da teoria das estruturas dissipativas em sistemas longe do equilíbrio termodinâmico, que lhe rendeu o Prêmio Nobel de Química em 1977. Uma das principais implicações de seu trabalho é a abertura da possibilidade de conceber quimicamente a auto-organização e da um primeiro passo para um entendimento físico-químico de fenômenos complexos, como a vida. Albert Goldbeter (2018), em revisão recente publicada pela *Philosophical Transactions A* da Royal Society, mostra como a contribuição de Prigogine continua seminal para o entendimento da evolução das estruturas biológicas do ponto de vista físico-químico, mesmo após 5 décadas.

Prigogine, assim como seus contemporâneos Werner Heisenberg, Neils Bohr e Erwin Schroedinger, sabia que sua contribuição não se limitava ao campo das *hard sciences* e dedicou notável energia aos desdobramentos filosóficos de seu trabalho. De fato, o desenvolvimento da física e da química no século XX criaram substância suficiente para uma transformação ontológica que, no entanto, não encontra materialidade na prática docente. Em *Educar na era planetária* (2003), Morin critica que justamente quando temos “cada vez mais necessidades de espíritos aptos a apreender seus problemas fundamentais, (...) os sistemas de ensino continuam a fragmentar os conhecimentos que precisam ser religados, a formar mentes unidimensionais e redutoras (MORIN, 2003, p. 11-12)”.

Nesse sentido, a inclusão de noções prigoginianas nas discussões do ensino básico aparecem como oportunidade de desenvolver concepções de indeterminismo,

Realização:



Apoio:





incerteza e criatividade dentro da noção de natureza da ciência dos estudantes. Em sua *carta às futuras gerações*, Prigogine alenta:

(...) gostaria de propor argumentos com o objetivo de lutar contra os sentimentos de resignação ou impotência. As recentes ciências da complexidade negam o determinismo; insistem na criatividade em todos os níveis da natureza. O futuro não é dado. (...) Uma analogia com "bifurcações", estudadas na física do não-equilíbrio, surge imediatamente. Essas bifurcações aparecem em pontos especiais nos quais a trajetória seguida por um sistema se subdivide em "ramos". Todos os ramos são possíveis, mas só um deles será seguido. No geral não se vê apenas uma bifurcação. Elas tendem a surgir em sucessão. Isso significa que até mesmo nas ciências fundamentais há um elemento temporal, narrativo, e isso constitui o "fim da certeza" (...) O mundo está em construção, e todos podemos participar dela (PRIGOGINE, 2009, p. 13).

2071

Munido dessas concepções, é possível reintroduzir o humano ao mundo físico. Conceber uma natureza criativa é essencial para conceber um mundo menos cartesiano, mais sistêmico. Um mundo onde façam sentido a liberdade, a possibilidade e a subjetividade, em que possamos religar, como sugere C. P. Snow (2015), a cultura científica à cultura humanística.

## CONCLUSÃO

O presente estudo buscou estabelecer um caminho para a construção de uma intervenção no ensino de ciências baseado na noção prigoginiana de *bifurcação* como operador cognitivo para aproximar a ciência à vida humana. Tal operador cognitivo pode guiar a prática docente no ensino da química, da biologia e da física, e possibilita a articulação transdisciplinar tanto dentro das ciências da natureza, quanto das humanidades. Tal articulação é fruto para trabalhos futuros.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. C. **Método complexo e desafios da pesquisa**. In: ALMEIDA, M.C.; CARVALHO, E.A. *Cultura e pensamento complexo*. Natal: EDUFRRN. p. 97-111. 2009.

GOLDBETER A. Dissipative structures in biological systems: bistability, oscillations, spatial patterns and waves. **Phil.Trans. R. Soc. A.** v. 376: 20170376. 2018.

MORIN, E. **A cabeça bem-feita: repensar a reforma, reformar o pensamento**. 26. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2021.

Realização:



Apoio:





MORIN, E.; CIURANA, E. R.; MOTTA, R. D. **Educar na era planetária: o pensamento complexo como método de aprendizagem no erro e na incerteza humana.** São Paulo: Cortez; Brasília, DF: UNESCO, 2003.

PRIGOGINE, I. Carta às futuras gerações. In: ALMEIDA, M. C. de; CARVALHO, E. A. (Org.). **Ciência, Razão e Paixão.** 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2009a.

PRIGOGINE, I. **O fim das certezas: tempo, caos e as leis da natureza.** 2. ed. São Paulo: Editora Unesp, 2011.

PRIGOGINE, I.; STENGERS, I. **A nova aliança: metamorfose da ciência.** Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1991.

SNOW, C. P. As duas culturas. In: SNOW, Charles P. **As duas culturas e uma segunda leitura.** 1. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2015.

2072

Realização:



Apoio:

