

Ensino por Investigação e o Pensamento Complexo: um breve ensaio teórico sobre as convergências no ensino de ciências

Nayara Nogueira Soares Marra^{1*}, Ettore Paredes Antunes^{2**}, Denise de Freitas^{3***}

¹Universidade Federal de São Carlos, nayaramarra@estudante.ufscar.br

²Universidade Federal de São Carlos, ettores@ufscar.br

³Universidade Federal de São Carlos, dfreitas@ufscar.br

INTRODUÇÃO

A educação é um campo de pesquisa complexo em que diversas abordagens teóricas podem ser adotadas para compreender a realidade e, a partir delas, construir conhecimentos em contextos de ensino-aprendizagem bastante diversos. É um campo que também apresenta fronteiras interdisciplinares com diversas áreas do saber: química, biologia, matemática etc. (Silva, 2017; Charlot, 2006). Esta diversidade de “olhares” teóricos também é observada no âmbito específico do ensino de Ciências: Schnorr e Pietrocola (2022) identificaram pelo menos 15 linhas temáticas distintas nos principais periódicos da área. Tal fato, em vez de ser considerado uma fragilidade do campo das ciências humanas, pode constituir uma potencialidade, especialmente ao considerarmos a abrangência e a complexidade das questões sociais atuais. Portanto, a realização de conexões entre as diversas abordagens teóricas pode fortalecer epistemologicamente os estudos educacionais (Charlot, 2006). Especificamente, articular as tradições de pensamento do campo da educação científica (Silva, 2017) nos ajuda a refletir sobre os alcances e as limitações de cada uma dessas tendências, de modo a fomentar um diálogo epistêmico que impulsiona a inovação nos estudos de fenômenos cada vez mais complexos.

Para contribuir nesse sentido, nosso trabalho tem como objetivo aproximar duas abordagens presentes nas pesquisas em educação científica: o pensamento complexo e o ensino de ciências por investigação. Destacamos que, para nós, o Ensino por Investigação, quando considerado uma abordagem, pode combinar diferentes referenciais (Antunes, 2021), buscando diálogos e profundidade teórica na implementação de propostas no ensino-aprendizagem de ciências, tais como Motivação (Silva, 2021), Aprendizagem Significativa (Ramielli, 2021), entre muitos outros.

Para apresentarmos nossas reflexões, inicialmente debatemos algumas características de ambas e, em seguida, apresentamos de que maneiras elas se aproximam adotando três aspectos: i) **visão não linear do conhecimento**; ii) **valorização da incerteza**; e iii) **protagonismo do(a) aprendiz**.

*Indicação de agradecimentos ao final do texto

ALGUMAS CONTRIBUIÇÕES DO PENSAMENTO COMPLEXO PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS

“Mais vale uma cabeça bem-feita que bem cheia”

(Michel de Montaigne apud Morin, 2009).

É por meio desta frase de Montaigne que Edgar Morin inicia um capítulo da obra *A cabeça bem-feita: repensar a reforma, reformar o pensamento* (Morin, 2009). Ela simboliza uma crítica à educação formal que se preocupa com a memorização de conhecimentos, mais ou menos organizados e disciplinares, na mente discente: a “cabeça cheia”. Em contraposição, temos a cabeça bem-feita, sábia, com “aptidão geral para colocar e tratar os problemas” e conhecedora de “princípios organizadores que permitam ligar os saberes e lhes dar sentido” (Morin, 2009, p. 21).

Para compreendermos melhor a concepção educacional de Morin (2009), apresentamos alguns breves pensamentos sobre sua teoria: o pensamento complexo. Morin (2015) critica a ciência baseada no paradigma positivista, que se fundamenta em formas pré-estabelecidas de organizar o saber: seleciona e organiza dados significativos por meio da união, distinção, disjunção, hierarquização e centralização das informações. Tais operações tendem a simplificar a realidade e podem levar a equívocos ou até mesmo “desfigurar o real” (Morin, 2015, p. 11). Apesar das contribuições desta abordagem para o desenvolvimento da ciência, ela dissociou a produção do conhecimento de seu contexto e da reflexão filosófica, levando à hiperespecialização fragmentadora do saber (Morin, 2015).

Uma possível nova abordagem da realidade seria o pensamento complexo, que implica considerar os fatores — relações, ações, acasos — que compõem os fenômenos. Sugere o enfrentamento da complexidade e não a simplificação: distinguir sem desatrelar, identificar sem reduzir. Morin (2015) propõe, assim, uma luta contra o idealismo que busca encerrar a realidade em uma teoria lógica, porém limitante, que desconsidera a incerteza inerente à natureza e à humanidade. A ferramenta teórico-conceitual proposta pelo autor é a complexidade, ou o pensamento complexo, que apresenta uma unidade elementar complexa — o sistema —, uma noção ambígua entre o real e o formal, e possibilidades transdisciplinares. Em seguida, Morin (2015) introduz um tipo de sistema estudado na termodinâmica: o sistema aberto em estado estacionário, no qual a troca constante de energia e massa com a vizinhança possibilita uma espécie de equilíbrio constantemente recuperado/compensado e, por isso, estável, o que o autor denomina dinamismo estabilizado. Esta abordagem defende que não basta considerar o sistema para compreendê-lo, mas também o ecossistema em que está inserido e as relações reguladoras entre ambos (Morin, 2009).

Considerando propostas de educação científica, o pensamento complexo possibilita novas interpretações de fenômenos sociais complexos. Um exemplo seria a abordagem de experimentos

científicos importantes: não são descobertas miraculosas; são propostos com base em teorias/visões de mundo construídas em conjunto, em determinado contexto e permeados por aspectos sociais, históricos e culturais. Dessa forma, o pensamento complexo apresenta uma **visão não linear** — e não cumulativa — **do conhecimento** e promove sua contextualização. Para Morin (2015), a contextualização pode ocorrer por meio da abordagem de problemas reais sob diferentes “lentes” ou saberes. Para Morin (2009), um exemplo de ciência que pode ser ensinada nessa abordagem é a ecologia, cujo estudo se concentra nos ecossistemas. Aspectos físicos, geológicos, químicos e biológicos do ecossistema, bem como as relações entre eles, são estudados; o conhecimento gerado é interpretado nos âmbitos das ciências naturais, mas também sociais — já que afeta a vida das comunidades humanas, que fazem parte deste ecossistema. É uma abordagem que possibilita a convergência de saberes e pode ser estendida a outras temáticas.

Morin (2015) também propõe uma organização para o conhecimento científico baseada em sistemas de diversas informações que se interferem, o que ocasiona **incertezas** inerentes aos sistemas complexamente organizados. Ou seja, é uma forma de construção epistemológica que permite certa **incerteza** não apenas no fenômeno e no sujeito, mas também nos conceitos — pequenas caixas-pretas das quais se conhecem entradas e saídas, mas não o funcionamento interno. O conceito apresenta, assim, um caráter provisório. O conhecimento pode alcançar progressivamente novos níveis de complexidade por meio de modelos que abarquem conceitos mais amplos e diversas áreas da ciência (Morin, 2015).

Nesse sentido, a valorização da incerteza é outra contribuição que Edgar Morin pode oferecer à educação. Para ele, os desafios associados à educação formal atual são: i) hiperfragmentação do saber por meio dos componentes curriculares pouco integrados e que se distanciam da complexidade das questões sociais e da cultura; ii) excesso de informação e a sabedoria esvaziada sobre como tais dados podem ser articulados para a construção da nossa forma de estar no mundo; iii) o individualismo incentivado pelos métodos tradicionais de avaliação escolar, dentre outros. Neste cenário, o papel da escola não é empilhar muitos conhecimentos nas mentes discentes, mas sim aprimorar a habilidade natural que nossa espécie possui para identificar e solucionar problemas. Esta inteligência é associada à incerteza, à **investigação**, à argumentação, à discussão, ao raciocínio crítico e metódico que se transforma em base para o desenvolvimento do “bem-pensar” avançado de caráter científico, matemático, filosófico e social (Morin, 2009).

Nesta perspectiva formativa, o aprendizado autêntico de cada estudante é **protagonista**. Explicamos: a abordagem epistemológica é autorreflexiva, uma vez que a própria consciência do pesquisador é objeto de estudo. Considera, ainda, que o ponto de vista se situa no ecossistema natural — nas estruturas cerebrais e nos modos de aprendizagem dialogados com a natureza — e

nos saberes socialmente construídos, contextualizados e permeados de incerteza. Desse modo, a ciência produzida é complexa, composta por “um discurso multidimensional não totalitário, teórico, não doutrinário [...], aberto à incerteza e à superação; não ideal/idealista, sabendo que a coisa jamais será totalmente fechada no conceito, o mundo jamais aprisionado no discurso” (Morin, 2015, p. 49). Alinhada a essa posição epistemológica, a educação formal complexa deve promover a autonomia intelectual, a compreensão do mundo e da natureza humana e desenvolver a capacidade de agir criticamente em uma realidade complexa, sem pretensão de indicar uma resposta única e correta ou um caminho certo a seguir. Inclusive, na dedicatória da obra, Morin (2009, p.3) sugere que estudantes que se sentem desanimadas, “deprimidas ou aborrecidas com seu processo formativo, assumam sua própria educação.” Um convite provocativo para uma educação científica mais autêntica e que se aproxima daquela proposta pelo ensino de Ciências por investigação.

ALGUMAS REFLEXÕES SOBRE O ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO

A atividade investigativa pode ser considerada uma contraposição à abordagem tradicional. Apresenta um caráter construtivista, pois a aprendizagem baseia-se na resolução de um problema, por meio de uma atividade teórica ou experimental planejada e realizada pelos estudantes. Assim, as atividades experimentais baseiam-se na exploração de fenômenos e conceitos, por meio da participação ativa dos estudantes na construção de seu conhecimento (Borges, 2002).

Carvalho (2013) discute que, nessa abordagem, os alunos assumem a responsabilidade pela investigação, com liberdade na proposição e na execução do experimento. Cabe salientar o papel do professor, que consiste em colocar os alunos diante de situações-problema adequadas, propiciando a construção do próprio conhecimento pelos estudantes.

Suart (2008) define a atividade experimental investigativa da seguinte forma:

(...) Aquelas atividades nas quais os alunos não são meros espectadores e receptores de conceitos, teorias e soluções prontas. Pelo contrário, os alunos participam da resolução de um problema proposto pelo professor ou por eles mesmos; elaboram hipóteses; coletam dados e os analisam; elaboram conclusões e comunicam os seus resultados com os colegas. O professor se torna um questionador, conduzindo perguntas e propondo desafios aos alunos para que estes possam levantar suas próprias hipóteses e propor possíveis soluções para o problema. (Suart, 2008, p.23)

Bachelard (1996) estabelece uma observação importante acerca da natureza científica:

Em primeiro lugar, é preciso saber formular problemas. (...) Para o espírito científico, todo conhecimento é uma resposta a uma pergunta. Se não há pergunta, não há conhecimento científico. Nada é evidente. Nada é gratuito. Tudo é construído. (Bachelard, 1996)

Então, é importante estabelecer novas pontes entre a Ciência e o Ensino de Ciências por meio da abordagem investigativa, pois os estudantes iniciam a atividade investigativa com uma pergunta, que pode ser formulada pelo pesquisador ou proposta pelos próprios alunos. Carvalho (2013) defende que é importante propor perguntas bem elaboradas e relacionadas ao dia a dia dos estudantes, de modo contextualizado e crítico em relação à realidade.

Gil-Pérez e Valdés Castro (1996) elencam uma série de características que definem o ensino por investigação, a saber: i. Apresentar situações problemáticas abertas, com um nível de dificuldade adequado, para que os alunos possam tomar decisões; ii. Favorecer a reflexão dos estudantes sobre a relevância e o possível interesse pelas situações propostas, e que, principalmente, façam sentido ao seu estudo; iii. Considerar as inter-relações existentes entre Ciência, Tecnologia e Sociedade no estudo realizado, como, por exemplo, possíveis aplicações e repercussões negativas; iv. Integração de diversos conceitos, considerando a contribuição do estudo realizado para a construção de um corpo coerente de conhecimentos; v. Conceder importância especial à elaboração de memórias científicas que reflitam o trabalho realizado para, dessa forma, destacar o papel da comunicação e do debate na atividade científica; vi. Potencializar a dimensão coletiva do trabalho científico, organizando grupos que interagem entre si, representando a comunidade científica, entre outras.

Um aspecto adicional, importante e discutido por Borges (2002), é que o erro em uma atividade tradicional geralmente é punido pelos professores. E, dessa forma, os estudantes se adaptam, realizando alterações no experimento, para que seus resultados correspondam às previsões da teoria ou para que se observe uma regularidade. Já no ensino por investigação, o erro é um dos momentos mais interessantes, pois nunca deve ser descartado; pelo contrário, excetuando as imprecisões conceituais, é essencial valorizar a ideia própria do estudante, permitindo que teste suas hipóteses e chegue às suas conclusões.

APROXIMAÇÕES POSSÍVEIS

Após apresentar as características gerais dos fundamentos do pensamento complexo de Morin e da abordagem investigativa, evidenciamos três pontos principais de interseção entre esses campos.

O primeiro aspecto é a orientação epistemológica do conhecimento científico produzido na sala de aula, que indica uma **visão não linear desse conhecimento**. Ainda que bem estabelecida na literatura a concepção inadequada sobre a linearidade do “progresso” científico

(Cachapuz, 2005), tanto no pensamento complexo como no ensino por investigação, a produção de conhecimento na sala de aula se dá pelo diálogo, testes, experimentação e livre pensamento, processos antagônicos a um “método científico infalível” ou mesmo como “uma receita de bolo”, na qual seguir os passos de um método fechado garantirá a chegada ao resultado correto, principalmente aquelas perspectivas que admitem o erro como potencial de construção de novas visões de conhecimento.

Pelo contrário, como discutido anteriormente, a realidade é muito complexa e composta por diferentes níveis de complexidade: social, ambiental, econômico etc. Desta forma, ancorar o ensino de ciências na contextualização, evidenciada pela questão motriz de uma investigação, aprofunda e amplia o pensamento complexo que necessariamente buscará novos caminhos para a criação de hipóteses, testes e negociações dos conhecimentos mobilizados.

O segundo aspecto de alta sinergia entre o ensino por investigação e o pensamento complexo é a **valorização das incertezas** e do erro. Novamente, não se trata de reforçar conceitos equivocados nem de exaltar uma imprecisão ou uma incoerência do estudante. Incorporar o erro como elemento essencial à investigação aproxima a sala de aula da história da ciência, como nos ensina Bachelard. Morin, ao nos alertar para a importância da incerteza, nos lembra que o ensino de ciências não deve transmitir uma sequência de acertos realizados por cientistas ao longo do tempo; são a investigação, a pergunta bem colocada, a discussão, entre outras, as ações mais importantes, e não apenas o cálculo, a prova e as certezas.

Neste aspecto, o uso do ensino por investigação no laboratório didático, por exemplo, tem aderência ao pensamento complexo da incerteza, pois, ao pensarmos em atividades de alto grau de liberdade, estamos justamente inserindo muita complexidade e incertezas nas proposituras dos estudantes, desde as hipóteses até as interpretações dos resultados.

Por fim, um terceiro aspecto fundamental de convergência entre esses dois campos é o **protagonismo dos estudantes** e o papel central de suas proposituras, principalmente quando não se reduz a experimentação a etapas a serem seguidas e já estabelecidas pelo professor. Autonomia certamente é o conceito central no processo de ensino-aprendizagem das duas abordagens. Para Morin, a autonomia intelectual é a ferramenta necessária para compreender e interpretar a complexidade do mundo natural e social. E, no contexto do ensino por investigação, sem autonomia, simplesmente não existe investigação: o protagonismo do estudante é o alicerce de qualquer atividade investigativa, em qualquer grau de liberdade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente ensaio teórico, apresentamos uma breve reflexão sobre possibilidades de diálogo entre a abordagem investigativa e o pensamento complexo, uma convergência ainda

pouco explorada na literatura, mas que, no nosso entendimento, pode gerar frutíferas interpretações e orientações para as pesquisas no campo do Ensino de Ciências.

Apostamos em três níveis de intersecção possíveis: a **epistemologia não linear do conhecimento científico**, a **valorização das incertezas e do erro** e, por fim, o **papel central da autonomia intelectual do estudante que investiga o mundo**. O ensino por investigação pode ser uma abordagem para incorporar alguns princípios do pensamento complexo em sala de aula, levando os alunos a investigar problemas de forma crítica e a construir um conhecimento dinâmico. Ao envolver o aluno em um processo de descoberta e questionamento, o ensino por investigação o prepara para lidar com a complexidade, desenvolvendo a capacidade de pensar de forma mais abrangente e de reconhecer a multiplicidade de relações presentes em um fenômeno. Tais aprendizados relacionam-se à proposta de Edgar Morin (2009) para a educação formal: cabeça bem-feita, capaz de reconhecer a incerteza presente nos diferentes saberes, em nossa percepção do mundo e na trajetória de vida que construímos enquanto seres humanos. O reconhecimento dessa realidade não imobiliza a ação; ao contrário, fomenta uma abordagem estratégica da vida: um desafio a si e ao contexto. Trata-se de um aprendizado que se estende ao longo da vida e convida a uma abordagem autêntica.

Caminante, no hay camino se hace camino al andar. (Antonio Machado)

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à CAPES**, ao CNPq e à FAPESP (processos CNPq: 314315/2021-7*** e FAPESP: 2024/09052-8*,***; 2024/23598-3*,***) pelo apoio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antunes, E. P.; Gibin, G. **Ensino de ciências por investigação: propostas teórico-práticas a partir de diferentes aportes teóricos**. Editora Livraria da Física, 2021.
- Bachelard, G. **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Trad. Estela dos Santos Abreu. 1ª Ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- Borges, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v.9, n.3, p. 291-313, 2002.
- Suart, R. C.; Marcondes, M. E. R. A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química. **Ciências e Cognição**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p. 50-74, 2009.
- Cachapuz, A.; Gil-Pérez, D.; Carvalho, A. M. P. & Vilches, A. **A Necessária Renovação do Ensino das Ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.
- Carvalho, Anna Maria Pessoa de. **Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação na sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- Charlot, Bernard. A pesquisa educacional entre conhecimentos, políticas e práticas: especificidades e desafios de uma área de saber. **Revista Brasileira de Educação**, v. 11, n. 31, p. 07-18, 2006.

Gil-Pérez, D; Valdés Castro, P. La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. **Enseñanza de las Ciencias**, v.14, n.2, p.155-163, 1996.

Morin, E. **A cabeça bem-feita: repensar a reforma, reformar o pensamento**. 16. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. 128 p.

Ramielli, C. M. P. R., Ramielli, U. J. Souza Filho, M. P. Aprendizagem Significativa Ausubeliana no ensino investigativo do conceito de radioatividade. In: Antunes, E. P. Gibin, G. **Ensino de ciências por investigação: propostas teórico-práticas a partir de diferentes aportes teóricos**. Editora Livraria da Física, 2021.

Schnorr, S. MP.; Pietrocola, M. Educação em Ciências e Matemática no Brasil: uma Revisão Sistemática de 25 Anos de Pesquisa (1994–2018). **Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências**, v.22, 2022.

Silva, M. S. B.; Kasseboehmer, A. C. Motivação para aprender e investigar em ciências. In: Antunes, E. P. Gibin, G. **Ensino de ciências por investigação: propostas teórico-práticas a partir de diferentes aportes teóricos**. Editora Livraria da Física, 2021.

Silva, S. P. A pesquisa em educação na transição de paradigmas: tensões e conflitos. **Revista de Ciências Humanas**, v. 18, n. 02, p. 136–166, 2017.