

FENÔMENOS NÃO-LINEARES NA EDUCAÇÃO: FORMAÇÃO DOCENTE À LUZ DA COMPLEXIDADE

Marcos Vinicius Santos de Almeida¹
Marcos A. R. P. de Lucena²

RESUMO

Neste trabalho apresentamos uma análise de publicações constantes em um banco de dados construído com estudos produzidos entre 2000 e 2025, incluindo pertinentemente a área de educação, com ênfase no ensino de Ciências, línguas e formação de professores, à luz da teoria dos Sistemas Complexos e da Complexidade. O objetivo central é aprofundar análises qualitativas e quantitativas de caráter inter e transdisciplinar, utilizando e atualizando continuamente esse banco de dados para compreender as interfaces entre teorias da complexidade e a educação. As teorias de Sistemas Adaptativos Complexos e Complexidade constituem um instrumental inovador para examinar fenômenos educacionais, permitindo analisar conceitos como auto-organização e propriedades emergentes, característicos de sistemas não-lineares e dinâmicos (Morin, 2007; Rodrigues, 2019). A educação e a formação docente, podem ser compreendidas como sistemas complexos, revelam dinâmicas que desafiam modelos lineares tradicionais. O banco de dados foi construído por meio de coleta e compilação de referências e resumos, empregando pesquisa bibliográfica exploratória baseada na Lógica Booleana, com destaque para a base de periódicos CAPES. Para tratamento dos dados, utilizaram-se análise de discurso, construção de gráficos de similitude e análise de formação de classes. Como exemplo dos resultados parciais, destaca-se o estudo de Rodrigues (2019), que analisou a formação docente a partir da teoria do caos e da complexidade. A autora identificou que interações e laços de amizade entre professores participantes do Programa Idiomas sem Fronteiras (IsF) emergiram como elementos geradores de caos e auto-organização no sistema adaptativo complexo da formação docente. Essa perspectiva evidenciou novas formas de reorganização capazes de reduzir frustrações individuais e coletivas, demonstrando o potencial das teorias da complexidade para compreender processos educacionais e propor intervenções mais integradas e dinâmicas, inclusive, no processo de formação docente.

Palavras-chave: Formação de professores; Interdisciplinaridade; Sistemas adaptativos complexos

INTRODUÇÃO

As teorias dos Sistemas Adaptativos Complexos e da Complexidade têm se destacado nas últimas décadas, tanto no âmbito acadêmico quanto fora dele, em razão de seu caráter inter e transdisciplinar e de seu amplo campo de aplicação em diferentes áreas do conhecimento. A potencialidade dessas abordagens vêm reformulando modos de compreender fenômenos individuais e coletivos nas ciências humanas, como educação, sociologia, psicologia e políticas públicas, bem como em demais áreas científicas.

¹ Bacharel em Psicologia pela Universidade Federal de Pernambuco/UFPE, marcosviniciussa163@gmail.com

² Pesquisador Titular em C&T da Fundação Joaquim Nabuco - FUNDAJ, marcos.lucena@fundaj.gov.br

Neste trabalho, apresentamos uma análise de publicações compiladas em um banco de dados constituído a partir de estudos produzidos entre 2000 e 2025, com ênfase na área da educação, especialmente no ensino de Ciências, de línguas e na formação de professores, à luz das teorias dos Sistemas Adaptativos Complexos e da Complexidade. O objetivo central consiste em aprofundar análises qualitativas e quantitativas de caráter inter e transdisciplinar, mediante a utilização e atualização contínua desse banco de dados, buscando compreender interfaces e articulações entre tais teorias e o campo educacional.

As teorias dos Sistemas Adaptativos Complexos e da Complexidade configuram um instrumental inovador para a compreensão de conceitos como auto-organização e propriedades emergentes, contribuindo para a análise de fenômenos marcados pela não linearidade, pela interdependência e por dinâmicas potencialmente caóticas. Ao assumir que sistemas educacionais se organizam de modo dinâmico e não previsível, tais abordagens permitem evidenciar processos formativos que escapam a modelos tradicionais de causalidade linear (Morin, 2007; Rodrigues, 2019).

Nesse sentido, a educação e a formação docente podem ser concebidas como sistemas complexos, cujas dinâmicas revelam movimentos contínuos de transformação, negociação e adaptação, desafiando perspectivas reducionistas e exigindo olhares que considerem fluidez, multiplicidade e emergência de novos arranjos.

METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho fundamenta-se nas teorias dos Sistemas Adaptativos Complexos e da Complexidade, articulada a um estudo de natureza exploratória, aplicado a diferentes áreas do conhecimento. O desenvolvimento da pesquisa envolveu a realização de fichamentos e a compilação sistemática de referências, artigos, livros e documentos científicos, com o objetivo de identificar recorrências, tendências e interfaces teóricas pertinentes ao campo da educação. A abordagem metodológica adotada compreende que os fenômenos educacionais se configuram como sistemas dinâmicos e interdependentes, nos quais múltiplos elementos interagem de maneira não linear, produzindo propriedades emergentes.

Durante a elaboração da análise e apresentação dos resultados, buscamos aprofundar uma leitura qualiquantitativa mais robusta do banco de dados construído. Para isso, privilegiou-se o uso de softwares livres, tais como R e Iramuteq, garantindo transparência, reprodutibilidade e acessibilidade das etapas da pesquisa. O banco de dados, previamente estruturado, foi constituído mediante a coleta e compilação de referências e resumos, com

base em uma pesquisa bibliográfica exploratória orientada pela lógica Booleana, especialmente na Plataforma de Periódicos CAPES.

No que se refere aos parâmetros metodológicos para seleção dos materiais na plataforma, utilizamos: ordenação por relevância, inclusão de textos em qualquer idioma, abrangência de diferentes tipos de documentos (incluindo livros e formatos diversos pertinentes à temática) e delimitação temporal ao período de 2000–2025. Além disso, seguindo a lógica booleana utilizamos os descritores “complexidade”, “sistemas complexos” e “complexidade AND sistemas complexos”, bem como suas respectivas versões em inglês.

REFERENCIAL TEÓRICO

A partir do banco de dados construído, elaboramos uma amostra teórica da literatura interdisciplinar que articula Sistemas Complexos e Complexidade. Nas Ciências Humanas, especialmente na Sociologia e Educação, destacam-se os trabalhos de Luhmann (2017) e Morin (2007), fundamentais para a consolidação das teorias sistêmicas e do pensamento complexo. Considerando o caráter ainda emergente e inovador dessas abordagens, torna-se relevante situá-las no cenário científico contemporâneo, tal como propõe Galhardi (2011) ao discutir a construção de um estado da arte da Complexidade.

Nesse sentido, o projeto de pesquisa mais amplo que sustenta este trabalho resultou na sistematização de um panorama atualizado da produção sobre Sistemas Complexos e Complexidade nas Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, bem como na constituição de um banco de dados extenso e diversificado, contemplando diferentes áreas do conhecimento. Entre os estudos identificados nesse banco, destacam-se os trabalhos de Graça e Lopes (2012), que discutem a interdisciplinaridade entre Sociologia e Economia; Folloni e Simm (2016), que relacionam Direito e Economia a partir da noção de sistemas sociais complexos, frequentemente apoiados na teoria sistêmica de Luhmann; e João (2019), que propõe uma abordagem didático-pedagógica baseada no pensamento complexo, evidenciando sua aplicabilidade no campo educacional.

De modo geral, observa-se que as referências reunidas atravessam múltiplos domínios do conhecimento, com recorrente presença das contribuições de Edgar Morin, especialmente no que se refere à construção do pensamento complexo como fundamento epistemológico. No campo específico da Educação, autores como Petraglia et al. (2020), Alves et al. (2022), Freire et al. (2023) e Messias et al. (2023) discutem a Complexidade como perspectiva teórico-metodológica, enfatizando a não linearidade, a imprevisibilidade e a multiplicidade de fatores envolvidos nos processos formativos.

No âmbito das Políticas Públicas e da educação, destacam-se os estudos de Furtado (2015), que explora modelagens de sistemas complexos aplicadas à governança e à resolução de problemas sociais, e de Neves (2021), que aprofunda o conceito de complexidade na análise das políticas educacionais, propondo novas formas de inteligibilidade para sistemas decisórios e organizacionais. Em síntese, o conjunto de referências analisado evidencia a amplitude e a relevância da Complexidade como fundamento teórico para compreender fenômenos educacionais e sociais marcados por dinâmicas não lineares, interdependência e emergência de múltiplos níveis de organização.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise do banco de dados evidenciou a ampla distribuição dos materiais entre diferentes áreas do conhecimento, bem como a diversidade de enfoques presentes nos estudos consultados, demonstrando a potencialidade da Teoria da Complexidade e dos Sistemas Dinâmicos Complexos em abarcar campos distintos. Observou-se, entretanto, maior incidência de trabalhos nas áreas de Educação, Saúde, Administração e Linguística, entre outras. As Figuras 1a (termos em português) e 1b (termos em inglês) apresentam a distribuição das publicações no período de 2000 a 2024. Ressalta-se que a identificação das áreas foi realizada com base na leitura dos títulos, resumos e na temática dos periódicos de origem.

Com o objetivo de atualizar o banco de dados, realizou-se nova busca referente aos anos 2024 e 2025. A distribuição das publicações manteve-se semelhante à observada no levantamento inicial, conforme ilustrado nas Figuras 2a e 2b (Banco de Dados 2024–2025).

Figura 1a - Área do conhecimento - português

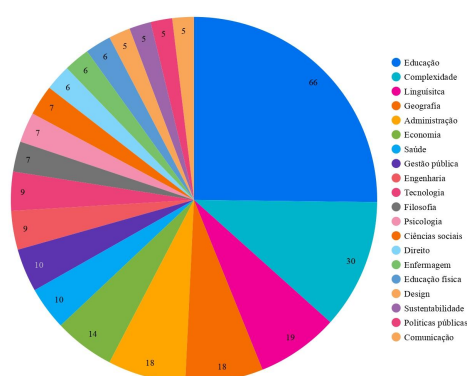


Figura 1b - Área do conhecimento - inglês

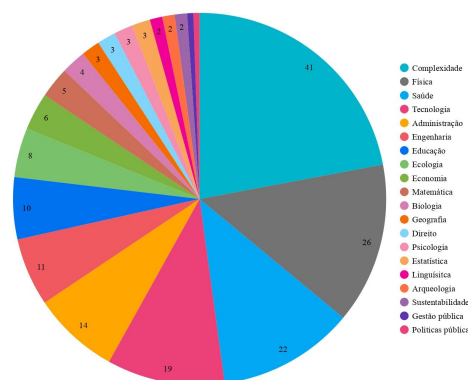


Figura 2a - Área do conhecimento - português

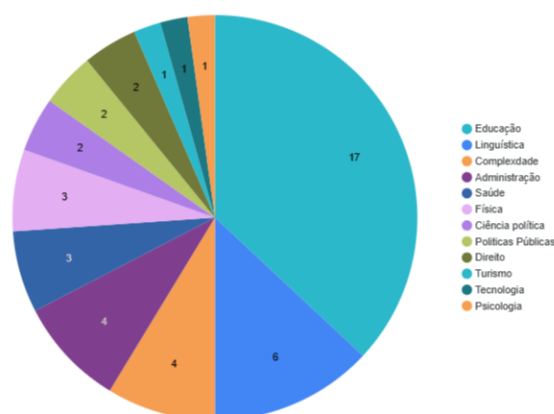
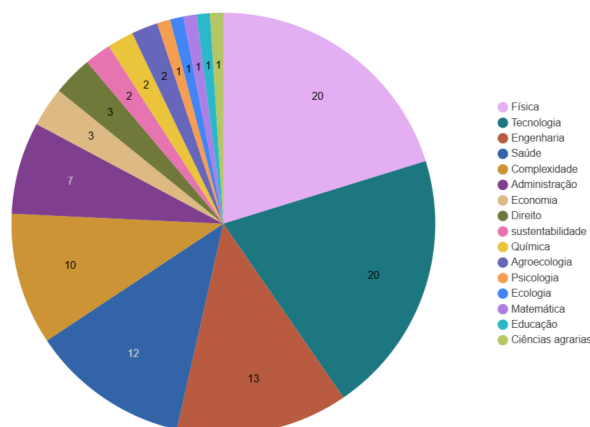


Figura 2b - Área do conhecimento - inglês



A utilização da modelagem baseada em agentes em diferentes campos do conhecimento tem contribuído para a visualização de novas perspectivas de análise. Nesse contexto, a modelagem aplicada a sistemas complexos pode ser compreendida como uma técnica computacional que operacionaliza a teoria da complexidade, ao permitir a simulação do funcionamento de sistemas complexos adaptativos. Por meio dessa abordagem, torna-se possível observar como padrões coletivos emergem de regras relativamente simples atribuídas a agentes individuais, revelando dinâmicas que não poderiam ser previstas a partir da análise isolada de seus componentes.

Apesar da diversidade temática, que inclui desde a previsão de dinâmicas caóticas no circuito de Chua (circuito eletrônico simples que apresenta o comportamento caótico clássico), os avanços da computação quântica, o equacionamento de sistemas de vácuo, até reflexões epistemológicas sobre modelagem na Educação Matemática, todos os estudos se orientam pela superação de paradigmas lineares e cartesianos, priorizando a compreensão de fenômenos dinâmicos, emergentes e não lineares. Tal característica evidencia a dupla dimensão das investigações: de um lado, a teórica, ao fundamentar-se nos pressupostos da teoria da complexidade; de outro, a aplicada, ao propor usos que vão desde a previsão de comportamentos caóticos e a análise de processos físicos até inovações no campo educacional, reafirmando, assim, o caráter interdisciplinar e integrador da complexidade.

Como exemplo dos resultados, destacamos o estudo de Rodrigues (2019) que busca compreender à luz da teoria do caos/complexidade como alguns fatores se destacaram durante a formação de professores no âmbito do Nucli-DRI/IsF-UFLA, analisando a formação docente a partir da sua complexidade. Desta forma, o trabalho desenvolvido pela autora teve como objetivo compreender a experiência dos professores em sala de aula a partir da teoria de

sistemas adaptativos complexos. A autora situa que a amizade e interação entre os professores participantes do Programa IsF emergiu como elemento desencadeador de caos e também auto-organização do sistema adaptativo complexo de formação destes professores. Além disso, a partir dessa perspectiva pode-se compreender novas formas de alteração no sistema que ajudaram a reduzir as frustrações individuais e coletivas.

A formação de professores, à luz da teoria da complexidade, tem sido discutida em diferentes perspectivas que convergem para uma crítica à fragmentação do conhecimento, e para a defesa de uma formação integral e transformadora. Pereira (2024), destaca a necessidade de superar a separação dos saberes por meio de pilares integradores que orientem a formação docente. Lacerda e Saheb (2024), ampliam esse debate ao associar a prática docente à valorização da condição humana e à consciência planetária. Luppi e Behrens (2024), evidenciam que a formação pedagógica continuada deve considerar construtos e saberes docentes ancorados em uma perspectiva transdisciplinar.

Na mesma linha, Araújo e Adão (2024), propõem repensar a prática pedagógica a partir da articulação entre o individual e o coletivo. Já Chella, Saheb e Behrens (2024), relacionam o paradigma da complexidade às diretrizes da BNCC, sugerindo práticas inovadoras, colaborativas e interdisciplinares. Em conjunto, esses trabalhos demonstram que a formação docente, sob o paradigma da complexidade, deve transcender a simples transmissão de conteúdos e assumir um papel integrador, ético e inovador.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por fim, constatou-se que autores contemporâneos têm defendido uma formação docente baseada na integração de saberes, na transdisciplinaridade e em consonância com o pensamento complexo. Tais perspectivas convergem para a superação da fragmentação do conhecimento e para a construção de práticas pedagógicas mais integradoras, colaborativas e contextualizadas. Assim, conclui-se que pensar a formação docente à luz da complexidade implica reconhecer a educação como um espaço de constante transformação, no qual múltiplos fatores interagem e se reorganizam continuamente. Essa compreensão não apenas amplia as possibilidades de leitura dos fenômenos educacionais, como também contribui para o desenvolvimento de propostas formativas mais sensíveis às realidades escolares e às singularidades dos sujeitos envolvidos.

REFERÊNCIAS

- ALVES, Maria Dolores Fortes et al. Apresentação – Dossiê "Complexidade, tessituras educacionais e poética transdisciplinar". Debates em Educação, v. 14, n. 36, p. i-iii, 2022.
- ARAÚJO, Eliane de Jesus; ADÃO, Jorge Manoel. Teoria da complexidade: uma análise reflexiva para repensar o trabalho pedagógico nas turmas multisseriadas. Revista Ponto de Vista, v. 13, n. 1, 2024. DOI: 10.47328/rpv.v13i1.16448.
- CHELLA, Marcos Eduardo; SAHEB, Daniele; BEHRENS, Marilda Aparecida. Paradigmas educacionais na prática pedagógica: uma visão da complexidade e inovações alinhadas à BNCC. Cadernos de Pesquisa: Pensamento Educacional, v. 19, n. 53, p. 64–78, 2024. DOI: 10.35168/2175-2613.UTP.pens_ed.2024.Vol19.N53.pp64-78.
- FOLLONI, André; SIMM, Camila Beatriz. Direito Tributário, complexidade e análise econômica do direito. Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM, v. 11, n. 1, p. 49-70, 2016.
- FREIRE, Maximina M.; PETRAGLIA, Izabel. Complexidade: Paradigma ou Epistemologia? Kuhn e Morin para além da terminologia refletindo sobre contribuições educacionais. Revista Diálogo Educacional, v. 23, n. 78, p. 979-995, 2023.
- FURTADO, B. A.; SAKOWSKI, Patrícia A. M.; TÓVOLLI, M. H. In: Modelagem de Sistemas Complexos para Políticas Públicas. Brasília: Ipea, 2015.
- GALHARDI, A. C. et al. Os Sistemas Dinâmicos e a Ciência da Complexidade: O Estado da Arte. Revista Eletrônica de Tecnologia e Cultura, v. 2, n. 4, 2011.
- GRAÇA, João Carlos; LOPES, João Carlos. Complexidade, interdependência e autonomia em sistemas econômicos e sociais. Revista Crítica de Ciências Sociais, n. 90, p. 95-111, 2010.
- JOÃO, Renato Bastos. Corporeidade e epistemologia da complexidade: por uma prática educativa vivencial. Educação e Pesquisa, [S. l.], v. 45, p. e193169, 2019.
- LACERDA, Tiago Eurico de; SAHEB, Daniele. Educando para a complexidade: o papel da formação docente no despertar da consciência planetária. Revista Debates Insubmissos, v. 6, n. 23, p. 176–196, 2024. DOI: 10.32359/debin2023.v6.n23.p176-196.
- LUHMANN, Niklas. A Sociologia de Niklas Luhmann. Petrópolis: Editora Vozes, 2017; Education as a Social System. Springer, 2017.
- LUPPI, Mônica Aparecida Rodrigues; BEHRENS, Marilda Aparecida. Os conceitos de construtos e de saberes da docência na visão da complexidade. Educar em Revista, 2024. DOI: 10.1590/1984-0411.84349.
- MESSIAS, Elvis Rezende et al. Epistemologia da complexidade e transdisciplinaridade: uma introdução. Educação & Linguagem, v. 26, n. 1, p. 5-29, 2023.



MORIN, Edgar; ALMEIDA, M. da C.; CARVALHO, Edgar de Assis. Educação e Complexidade. São Paulo: Cortez, 2007.

NEVES, C. Explorando as potencialidades da complexidade para o estudo das políticas públicas em educação: o exemplo da União Europeia. Revista On-line de Política e Gestão Educacional, v. 25, n. 1, p. 19-36, 2021.

PEREIRA, Dimitri Wu. A complexidade como fundamento para a formação acadêmica em educação física. Caderno de Educação Física e Esporte, v. 22, n. 1, 2024. DOI: 10.36453/cefe.2024.32082.

PETRAGLIA, Izabel Cristina; ALVES, Maria Dolores Fortes; GUÉRIOS, Ettiène. Apresentação – Dossiê "Complexidade e Transdisciplinaridade no Século XXI". Debates em Educação, v. 12, n. 28, p. vii-xii, 2020.

RODRIGUES, Jamilla Viegas. A Formação docente no âmbito do NUCLI-ISF/UFLA à luz da teoria do caos/complexidade. Olhares e Trilhas, v. 21, n. 2, p. 240-251, 2019.