

## ***O paradigma da Complexidade e a sua aplicação na Educação: reflexões sobre a prática docente***

Mateus Esteves de Oliveira<sup>1</sup>  
Adriana Alves Pinto<sup>2</sup>  
Arcade Johannes Kakpo<sup>3</sup>

85

### ***Resumo***

Este artigo apresenta reflexões de três pesquisadores que se dedicam ao estudo das teorias que compõem o paradigma da Complexidade nos contextos de ensino e de aprendizagem. O objetivo foi facilitar o entendimento de estudantes, professores e pesquisadores iniciantes no estudo da Complexidade com seus desdobramentos no campo da Educação. Para isso, este trabalho abordou a Complexidade como um conjunto de teorias já consolidadas na academia, como por exemplo, a Teoria Geral dos Sistemas (TGS), a Teoria do Caos e a Geometria Fractal. O ponto em comum entre elas é o destaque que conferem ao fator “interação” entre os componentes de um determinado sistema, como a escola, e à autossimilaridade, que possibilita certa previsibilidade de fenômenos aleatórios. Foi possível observar que as propriedades características das abordagens complexas são fundamentais para a compreensão das relações inerentes à prática docente.

### ***Palavras-chave***

Teoria Geral dos Sistemas; Sistemas Adaptativos Complexos; Complexidade; Teoria do Caos; Fractais na Educação.

Recebido em: 24/08/2020

Aprovado em: 18/04/2021

---

<sup>1</sup> Mestre (2019) e doutorando em Estudos de Linguagens (CEFET-MG); graduado em Gestão Comercial (Universidade de Itaúna, 2013) e Letras Port-Ing pelo Centro Universitário de Araras "Dr. Edmundo Ulson" (UNAR, 2019); pós-graduado em Gestão de Finanças e Pessoas (UEMG, 2015) e em Docência no Ensino Superior e Tutoria em Ensino a Distância (ISEAT - Instituto Superior de Educação Ateneu, 2018).  
e-mail: mateus2012\_ita@hotmail.com

<sup>2</sup> Professora de língua inglesa do ensino básico da Escola Estadual Celmar Botelho Duarte Belo Horizonte-MG. Doutoranda em Estudos de Linguagens no CEFET-MG. Graduanda em Letras-Português pela FAEL. Mestre em Estudos linguísticos-Tradução língua inglesa pela UFMG. Especialista em Produção de Material Didático Utilizando o Linux Educacional pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Graduada em Letras-Licenciatura e Bacharelado-língua inglesa.  
e-mail: drikaalves2908@gmail.com

<sup>3</sup> Doutorando em Estudos de Linguagens pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG). Mestre em Estudos de Linguagens pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG). Graduando em Direito-Relações Internacionais pela Universidade de Abomey-Calavi (UAC/Benin). Graduando em Letras-Espanhol pela Universidade de Abomey-Calavi (UAC/Benin).  
e-mail: arcadej@hotmail.fr

# ***Using the paradigm of Complexity in Learning contexts: reflections about teaching practice***

## ***Abstract***

This paper reports on reflections of three doctoral researchers dedicated to the study of theories that refer to the paradigm of Complexity in learning and teaching contexts. It aimed at facilitating the understanding of students, teachers and researchers who start having contact with the study of the Complexity and his consequences in education. Thus, in this paper we considered Complexity as a set of theories and consolidated by the academy, for instance, the General Theory of Systems (TGS), Chaos Theory and the Fractal Geometry. Both are related to the emphasis that causes the "interaction" between the components of a given system, such as school, and the self-similarity, which allows some predictability in random phenomena. It was possible to observe that the characteristic properties of the complex approaches are fundamental to the understanding of the inherent relationships of the teaching practice.

## ***Keywords***

General Systems Theory; Complex Adaptive Systems; Complexity; Chaos Theory; Fractals in Education.

## ***Para pensar a Complexidade***

Este trabalho reúne considerações basilares para o entendimento da aplicabilidade do paradigma da Complexidade no trabalho pedagógico e na construção de abordagens teóricas no campo da educação, principalmente no que tange ao ensino e à aprendizagem. Nesse sentido, buscamos fundamentar nossa explicação com base na Teoria Geral dos Sistemas, na Teoria do Caos e na Geometria Fractal. Nosso objetivo é facilitar o entendimento dessas teorias por meio das suas aplicações na prática de ensino.

87

Dito isso, ao escrevermos este artigo, no início das nossas pesquisas, nosso enfoque é estudar a Complexidade no campo da educação, considerando seus aspectos formais, como currículo, planos de aula e outros afins, e os informais, relacionados a fatores externos à sala de aula e que influenciam a aprendizagem e o sucesso escolar. Decerto, compreendemos que os fenômenos que circundam as atividades de ensino e de aprendizagem não são lineares, tendo em conta as interações que ocorrem dentro e fora da sala de aula.

Logo, pensar em Complexidade, muitas vezes, implica desconstruir certos padrões de organização do conhecimento científico relacionados ao modo como estruturamos nossa formação acadêmica. De fato, no Brasil, a formação escolar, em grande parte, é marcada por preceitos lineares e sequenciais em ordem crescente de dificuldade. Acreditamos que compete a nós, como estudiosos do tema, comunicar com mais clareza sobre o que é Complexidade e suas implicações na vida do indivíduo que se interessa por iniciar seus estudos neste campo conhecido por alguns estudiosos como “A Nova Ciência” (TORRES, 2017).

No senso comum, o sentido da palavra “complexidade” é frequentemente relacionado a algo que apresenta características de difícil compreensão, ligações entrelaçadas e que se perdem à medida que novas conexões vão se estabelecendo. Talvez esse uso recorrente do termo possa ter sido um dos motivos para a comunidade científica ter privilegiado o paradigma linear causa-efeito, já que este possibilita a construção de teorias reducionistas e específicas.

Entretanto, na abordagem contemporânea da ciência, principalmente na área da educação, as teorias relacionadas ao paradigma da Complexidade são voltadas para a compreensão dos processos de natureza imprevisível, mas que apresentam padrões de comportamento sensíveis a influências do trabalho de todos os agentes envolvidos nos processos de ensino e de aprendizagem. A escola, por exemplo, é um sistema que apresenta propriedades complexas. É constituída por indivíduos de interesses diversos, cada um com objetivos específicos, mas que compartilham do mesmo ambiente, recursos internos (como material didático disponibilizado pela instituição), mesmos professores e outros elementos inerentes ao ambiente escolar, seja ele público ou privado.

Por outro lado, esses mesmos estudantes interagem com agentes externos à escola, como família, amigos, cultura, valores pessoais e recursos tecnológicos diversos. É com base na interação interna e, também, na interação externa é que apontamos a escola como um ambiente altamente complexo, onde o fluxo de interações entre todos os seus constituintes é intenso e ininterrupto, assim como também reconhecem Larsen-Freeman e Cameron (2008).

Apesar de essas interações serem incontáveis, é possível compreendê-las pelo pensamento complexo, conforme expõe Morin (2007). O teórico defende que o pensamento complexo pode nos ajudar a conhecer de modo mais real a forma pela qual as relações se estabelecem. Podemos inferir que o pensamento complexo e as teorias inseridas na Complexidade, entre as quais se destaca o Sistema Adaptativo Complexo (SAC), contribuem para que o homem se situe em um mundo marcado pela incerteza.

Para Morin (2007), o acúmulo de incertezas marca o início de períodos de crise. São momentos nos quais problemas inesperados surgem e, com eles, novas necessidades de respostas estratégicas. É nesse cenário que o paradigma da Complexidade se apresenta útil para a resolução dos problemas humanos. Por outro lado, o paradigma linear, ou também denominado de “ciência clássica”, preceitua que o problema em estudo deve ser dividido em partes menores, mais simples, para assim serem analisadas de modo separado do todo.

Até mesmo a noção de “erro” apresenta outro sentido quando conduzimos o trabalho docente sobre as bases do pensamento complexo. Isso é ilustrado por Morin (2007) ao escrever sobre a ideia de erro e sua correspondência nas visões clássica e complexa. Enquanto nesta, a contradição entre os fatos estudados é a ligação com a realidade mais sensível e desprovida de conexões puramente lógicas (não representando necessariamente um erro de método); naquela, o erro indica impropriedade metodológica e, por esse motivo, deve-se rever sua aplicabilidade no objeto em análise.

Em termos práticos, o ato que consideramos “erro” do estudante pode representar uma mudança significativa no trajeto pelo qual conduzimos nossa prática pedagógica. Não se trata de aceitarmos todas as respostas como adequadas; mas, sim, de assumirmos uma postura reflexiva frente ao “erro”, principalmente quando ele for recorrente, e nos questionarmos a respeito dos fatores que influenciaram uma determinada resposta, que, em um primeiro contato, se constituiria erro. Assim como a ciência se constrói e se desconstrói no decorrer de novas pesquisas e observações, acreditamos que um dos pontos para o sucesso do trabalho docente seja esse outro olhar para o “erro” e para as mudanças que ele provoca nas escolhas metodológicas do professor.

Além disso, a despeito de ser amplamente aplicável em algumas áreas de estudo, como as ciências exatas, a ciência clássica esbarra em pesquisas que buscam compreender o funcionamento geral de um determinado sistema e entender a totalidade dos processos e suas conexões em outros campos de conhecimento. Diante disso, a Complexidade não é uma única teoria; mas, sim, um complexo constituído por teorias que contribuem para ampliar o pensamento humano por meio do reconhecimento da “interação” como aspecto preponderante nas relações humana e institucional.

A Teoria Geral dos Sistemas, que será tratada na próxima seção, é uma dessas teorias. A abordagem da sala de aula como um sistema dinâmico tem contribuído para revertermos nossas atitudes na profissão docente e propormos novas formas de ação que contemplem as interações bem-sucedidas entre os componentes do processo.

## ***Teoria Geral dos Sistemas: uma abordagem para explicar as inter-relações dos elementos de um sistema***

Na concepção clássica, o conceito de sistema se esteia nos preceitos de René Descartes (1596-1650), filósofo e matemático francês, considerado o “Pai do racionalismo” e o criador da máxima “Penso, logo existo” e, também, do famoso plano cartesiano da matemática. Segundo Araújo e Gouveia (2016), um sistema da concepção ou paradigma clássico é caracterizado pela divisão e análise científica de um determinado problema por partes, ou seja, o método se constituía pela sequência linear de estudo, partindo das partes menores e mais simples até chegar às partes maiores e mais complexas. Muitas áreas do conhecimento utilizavam esse paradigma e o seu objeto básico de estudo era analisado sob essa ótica.

Contudo, na área da Física, em 1964, ao se estudar o átomo, considerando-o como a menor partícula constituinte da matéria, descobriram-se partículas menores denominadas “quarks”, isso comprova que o núcleo do átomo, além de possuir as partículas nêutrons e prótons, era constituído pelos quarks. Houve uma discussão sobre a epistemologia científica, e, com isso, uma mudança de paradigma de modo a explicar a relação que os elementos de um sistema têm com os elementos circunvizinhos.

Essa nova abordagem foi denominada de abordagem sistêmica, diferenciando-se da abordagem clássica que considerava os sistemas como fechados, ou seja, sem relação com os elementos ao seu redor. Segundo Chiavenato (1983), os sistemas abertos possuem características tais como: (i) Expansionismo — os sistemas são formados por outros sistemas que interagem entre si. (ii) Pensamento sintético — a análise do sistema é feita de forma dinâmica porque há a interação entre os elementos do sistema, e entre o elemento e o sistema como um todo. (iii) Teleologia — considera-se que os sistemas são abertos, por relacionarem com os elementos dos outros sistemas, não podendo assim, considerar uma simples relação causa-efeito entre os eventos.

A partir dos estudos do biólogo alemão Ludwig von Bertalanffy, em 1950, na busca por um modelo científico que explicasse o comportamento de um organismo vivo, levando em conta aspectos de cunho científico e empírico ou pragmáticos dos sistemas, passou-se a diferenciar os sistemas e entender como estes funcionavam; possibilitando, com isso, o entendimento de qualquer sistema existente. Essa abordagem ficou conhecida como a Teoria Geral dos Sistemas (TGS). Essa teoria favorece a compreensão das inter-relações que ocorrem entre os vários elementos de um sistema e a sua consequente complexidade.

Considerando que há vários tipos de sistemas, como, por exemplo, os sistemas biológicos, físicos, semióticos e complexos, a teoria dos sistemas engloba todos os sistemas existentes. Baseando-se nas características dos sistemas abertos e dinâmicos, Morin (2007) desenvolve a ideia de sistema complexo, que segundo o autor, está atrelada a duas consequências — o desequilíbrio e a inteligibilidade.

[...] as leis de organização da vida não são de equilíbrio, mas de desequilíbrio, recuperado ou recompensado, de dinamismo estabilizado. A segunda consequência é que a inteligibilidade do sistema deve ser encontrada, não apenas no próprio sistema, mas também na sua relação com o meio ambiente, e que esta relação não é uma simples dependência, ela é constitutiva do sistema” (MORIN, 2007, p. 22).

Os sistemas complexos possuem características semelhantes ao processo de aprendizagem. Uma delas é a capacidade de absorver estímulos do meio e se adaptar a eles, essa característica é o fator-chave para conceituarmos o Sistema como Adaptativo Complexo. Um Sistema Adaptativo Complexo (SAC) possui a capacidade de mudar para se adequar ao ambiente a partir da evolução e da auto-organização (HOLLAND, 1997), por meio da interação constante entre seus agentes e da adaptação destes às condições ambientais.

Ao transportarmos essas definições para o ambiente da sala de aula, consideramos que o estudante, ao interagir com outro estudante poderá mudar as condições iniciais apresentadas no início do sistema “sala de aula”. Nesse sistema, há vários constituintes interagindo: estudante-estudante, estudante-professor, estudante-material didático, entre outros afins. Todas essas mudanças conduzem o SAC a outro patamar, onde se espera que os novos estímulos se

transformem em conhecimento por parte do estudante. Esta construção do conhecimento pode, portanto, passar pela transformação do próprio estudante, principalmente graças a cada uma das dimensões das aprendizagens descritas. Diante disso, aprofundaremos nossa abordagem, na próxima seção, sobre as teorias que compõem o campo de estudo da Complexidade por meio da compreensão do Caos e da Geometria Fractal.

### ***Padrão do caos: Geometria da turbulência***

A educação, como o Caos, é um fenômeno não-linear. Desse modo, o Caos na educação diz respeito ao caráter imprevisível dos comportamentos de um subsistema dentro do todo. Se imaginarmos que o Caos pode ser observado no comportamento de um estudante dentro da sala de aula e no processo inerente à aprendizagem dele, poderia ser, então, em um possível cenário, que o Ministério da Educação propusesse currículos que contemplassem a complexidade dessa aprendizagem, mesmo em disciplinas específicas. Nesse caso, caberia à escola, em conjunto com as autoridades educacionais, proporcionar condições favoráveis para a aplicação desses currículos, incentivando o planejamento das aulas baseado no paradigma da Complexidade, sem deixar de observar a carga horária estabelecida para cada disciplina; contribuindo, assim, para a aprendizagem e desenvolvimento de competências específicas no estudante de forma gradual.

Diante disso, o professor, por mais que siga currículos e tente auxiliar ou mediar as aprendizagens, muitas vezes enfrenta a personalização e a não-linearidade nas aprendizagens. Isso se deve ao fato de os estudantes constituírem subsistemas dinâmicos que mostram grande sensibilidade às condições iniciais. As condições iniciais, nessa perspectiva, são os diferentes comportamentos do SAC-estudante antes de ele ter contato com as dinâmicas de interação propiciadas pelo professor. No presente caso, o estudante pode ser motivado ou não, antes de iniciar determinada aula. Há uma série de fatores que podem interferir nessa motivação, como notas, estilo de aula, metodologia e afins.



O desenvolvimento da aprendizagem do estudante pode partir, então, de fatores tanto internos quanto externos, fazendo com que o estudante seja receptivo ou não a determinada dinâmica usada. Este fato representa o que faz do Caos uma janela no todo<sup>4</sup>. Apontamos, portanto, que o estudante pode ser abordado sob a perspectiva do SAC, já que ele é sensível às condições iniciais da aprendizagem, complexo nas suas relações pessoais, dinâmico e sensível ao *feedback*.

Briggs (1992) explica que todo sistema que pode mudar completamente com base nos seus *feedbacks* é chamado de não-linear em oposição aos sistemas lineares que são previsíveis e lógicos. Assim, o professor, no momento em que reconhece seu papel na sala de aula como um agente adaptativo complexo, avalia com maior precisão as necessidades de aprendizagem e as estratégias para adotar a melhor dinâmica de ensino, com base nos diferentes *feedbacks* dos alunos recebidos ao longo do processo. A turbulência — momento de crise caracterizado pela acentuação das incertezas — inerente à aprendizagem efetiva do SAC-estudante e relativa à eficiência do planejamento docente pode ser, então, considerada como padrão do Caos. Nesse caso, como entender a repetição de padrões dentro das experiências do professor e do estudante? Como funciona a Teoria dos Fractais? E como é a sua aplicação na educação? Esses são questionamentos que pretendemos esclarecer nas próximas seções.

### **Os fractais na educação**

A palavra “fractal” vem do latim *fractus*, que quer dizer fragmentado, fracionado<sup>5</sup>. É a ideia de que “a parte está no todo e o todo está na parte” (FEY; ROSA, 2012, p. 224). São imagens de objetos abstratos que possuem um caráter de onipresença por terem as características do todo infinitamente multiplicadas em cada parte (ibidem, p. 130). A teoria foi cunhada inicialmente pelo matemático francês Benoît Mandelbrot (1995) como sendo a Geometria dos Fractais. Ela nasceu a partir das relações entre as figuras geométricas<sup>6</sup> e os

---

<sup>4</sup> Metáfora usada em Briggs (1992, p. 19).

<sup>5</sup> Mandelbrot (1995).

<sup>6</sup> Refere-se aqui ao conceito de objetos como sendo idealizações matemáticas advindos da teoria dos fenômenos críticos na física. Essa teoria está associada e pode ser observada nos pontos críticos dos comportamentos fractais (Disponível em:

objetos reais. Duas escolhas a caracterizam: a escolha dos problemas dentro da natureza e a escolha das ferramentas dentro das teorias da matemática. Portanto, com base nessas escolhas, foram identificadas três características principais para os objetos fractais: a extensão infinita dos limites, a permeabilidade dos seus limites e a autossimilaridade das formas e características.

**1-A extensão infinita dos limites:** quanto mais se reduz o tamanho da unidade de medida, maior é a extensão da coisa medida.

**2-A permeabilidade dos limites:** a permeabilidade dos limites permite o intercâmbio de dados para a geração de informação e de conhecimento, intercâmbio de energia e de matéria no meio ambiente, a menor escala — a do indivíduo dentro da organização — até as escalas maiores.

**3-A autossimilaridade das formas e características:** a autossimilaridade proporciona um sentido de ordem a estruturas aparentemente irregulares. Isso quer dizer que aumentando o tamanho dos fractais, encontramos nas partes a mesma estrutura, conforme ao todo (FEY; ROSA, 2012, p. 229).

Um aspecto muito importante da Teoria do Caos é a Geometria Fractal. O termo fractal, de acordo com Fey e Rosa (2012), designa um objeto geométrico que nunca perde sua estrutura. Essa geometria significa, acima de tudo, semelhança. O estudo dos Fractais está ligado à Teoria do Caos porque, em uma relação complementar, os dois buscam compreender padrões organizados de comportamentos dentro de sistemas aparentemente aleatórios.

A autossimilaridade remete ao fato de o fractal ser similar em várias escalas e induz que o todo tem as propriedades das partes, do mesmo modo que as partes também têm as propriedades do todo. Bar-Yam (2003) explica que os detalhes não são irrelevantes. A articulação entre esses detalhes, em relação a vários problemas identificados, torna-se mais visível em escalas e dimensões menores. Nesse caso, o holismo é uma abordagem científica naturalmente harmônica, pela qual o objeto de estudo é compreendido por meio das interações dos elementos que o compõem, o que privilegia a visão global dos eventos em detrimento das abordagens em elementos isolados. Ele aparece como sendo a autossimilaridade que vem evidenciar o processo holístico do *feedback* (BRIGGS, 1992). O Caos, por sua vez, desestabiliza de forma abrupta os sistemas dinâmicos. Na prática, isso significa que o desenvolvimento de uma aula ou de uma tarefa pode

---

<[https://pt.wikipedia.org/wiki/Fen%C3%B4menos\\_cr%C3%ADticos](https://pt.wikipedia.org/wiki/Fen%C3%B4menos_cr%C3%ADticos)>. Acesso em: 19 de jul. de 2020).

transformar tanto o SAC-professor de uma disciplina específica quanto o estudante da turma em que ele ministra.

O Caos em relação ao ensino eficiente e à aprendizagem propriamente dita, ou bem-sucedida, fica, digamos assim, no pano de fundo desses dois aspectos dinâmicos da educação. Ou seja, a Geometria Fractal descreve, então, as características e rastros presentes na passagem de cada um desses níveis dinâmicos, em escalas e dimensões infinitamente pequenas. É o que faz dos detalhes, em relação aos SACs, padrões importantes nesse sistema caótico que é a educação. Em sala de aula presencial, como explica Larsen-Freeman (1997, 2006, 2016), vários fatores podem ser enumerados para remeter a fractais observáveis dentro dos comportamentos dos SACs, entre os quais se destacam as estratégias de aprendizagem (*affordances*), a motivação, participação, autonomia, personalidade, idade, disciplina, língua estudada, nível, interesse, classe social e outros semelhantes. A relação de outros fatores com o *design* instrucional pode, nessa perspectiva, apresentar uma repetição de padrões em escalas e dimensões diversas.

### ***A teoria dos fractais no Design Instrucional***

Os fractais podem ser observados em pedagogias centradas no estudante e até mesmo nas anteriores<sup>7</sup>. Assim, chamando a atenção sobre a importância da Teoria dos Fractais na aprendizagem *online*, Enriquez (2017, p. 375) explica que as "novas" pedagogias apresentam a tendência para utilizar as propriedades fractais, como a autossimilaridade, na elaboração de práticas de ensino mais assertivas. Essas pedagogias estão mais direcionadas para a compreensão dos sistemas dinâmicos e na visualização de padrões dos fluxos de informação que emergem e acontecem dentro desses sistemas. O conceito de fractal no contexto educacional aponta para quatro elementos principais: o ensino, a aprendizagem, o desenvolvimento pessoal e o acesso a fluxos de informação dentro de um contexto social. Nosso interesse com essa explanação é demonstrar como aplicar

---

<sup>7</sup> O Método Tradicional (ou Método da Gramática – Tradução), o Método Direto, o Método Audiolingual e a Abordagem Comunicativa, antes do advento do Pós-método.

esses elementos no *design* instrucional como pedagogia por trás da elaboração e da execução de um currículo.

Os fractais no ensino dizem respeito a dois padrões inerentes ao próprio professor<sup>8</sup>: à sua prática e à criação de currículos com base nos conceitos de *design* instrucional, letramento crítico e participação dos estudantes. A prioridade será dada, neste trabalho, ao segundo padrão e, para isso, às metodologias que chamamos de ativas<sup>9</sup>, já que é delas que se trata quando a ênfase está na inter-relação e na realização de interações para a aprendizagem, isto é, na educação, para formar o indivíduo a agir e interagir com a sua cultura, sociedade e política, dentro e fora da escola, sem perder de vista o uso das Tecnologias Digitais da Informação e da Comunicação (TDICs).

Assim sendo, a identificação das características dos fractais inseridas nas metodologias ativas poderia referir-se ao que Martins (2008, p. 146) considera como os “desenhos instrucionais mistos” que têm o “potencial de combinar essas modalidades de ensino tradicionalmente separadas, integrando as propriedades e possibilidades de cada uma”. Também se entende o contexto a construção dos currículos na educação como colocação em sistemas autoeco-organizados<sup>10</sup> e subsistemas autoeco-participativos de aprendizagem colaborativa diretamente ligada à cognição situada, *scaffolding*, aprendizagem cognitiva e zona de desenvolvimento proximal (VYGOTSKY, 2008). Em outras palavras, a aprendizagem diz respeito à relação do estudante (o organismo) com o ambiente (o professor, os colegas, as diferentes ferramentas e plataformas a serem usadas), levando à chamada para a ação (*affordances*).

Dessa forma, percebemos as características do todo nas partes e vice-versa na visão holística do *design* instrucional e na criação de currículos educacionais, já que o fluxo de informação utilizado virá do próprio ambiente sociocultural dos

---

<sup>8</sup> Podemos enumerar fatores como os interesses, motivação, crenças, formação inicial ou de base, formação profissional, formação docente, leituras, experiências profissionais, experiência de sala de aula, escola/instituição onde trabalha, notícias, *design* instrucional ou o próprio estudante.

<sup>9</sup> Do inglês ‘Active learning methodologies’.

<sup>10</sup> Morin (2007).

estudantes e das suas interações com ele<sup>11</sup>. Essa visão provém, então, da infinidade<sup>12</sup> de *affordances* que podem ser usadas para isso. No entanto, o letramento crítico emergiria da perspectiva contextual, quando levamos em consideração que a qualidade do currículo e das interações estão baseados na flexibilidade (permeabilidade dos limites<sup>13</sup>) e centrada no estudante. Por fim, conforme explica Van Lier (2004), a qualidade da educação está relacionada ao que se entende de forma geral como ‘ser humano’ ou ser social.

### ***Considerações finais***

Conforme apresentado neste trabalho, o paradigma da Complexidade está presente na vida humana em todos os seus aspectos, mesmo que em muitos casos não seja tão aparente. Estamos inseridos em um contexto de incertezas, no qual a dúvida faz parte e nos instiga a procurar respostas, ainda que sejam temporariamente legitimadas, assim como é a construção do conhecimento científico.

No campo da educação, percebemos que as abordagens baseadas no paradigma causa-efeito, ou na ciência linear, muitas vezes são insuficientes para lidarmos com a complexidade dos processos de ensino e de aprendizagem. Isso se comprova pelo fato de a escola ser um ambiente em interação constante com o meio ambiente, tecendo relações em diferentes graus de proximidades com agentes políticos, culturais e familiares.

Nesse contexto, a visão sistêmica a respeito da escola se consolida como a abordagem teórica mais assertiva para a elaboração de projetos curriculares e planos políticos para a instituição. Entretanto, sublinhamos que em razão da imprevisibilidade dos Sistemas Adaptativos Complexos (SACs) não podemos afirmar categoricamente a certeza de êxito das ações programadas empregadas por educadores, mesmo havendo conhecimento desses princípios. Por essa razão, encontramos na Teoria dos Fractais relevantes contribuições para

---

<sup>11</sup> Terceira característica dos fractais.

<sup>12</sup> Primeira característica dos fractais.

<sup>13</sup> Segunda característica dos fractais.

compreendermos os padrões de comportamento que envolvem um fenômeno cujas propriedades apontam para uma “aleatoriedade organizada”.

Isso significa que o SAC apresenta padrões de autossimilaridade baseados na Geometria Fractal, também conhecida como Geometria do Caos. Isso significa que alterações em curto prazo na aprendizagem do estudante podem ser previstas pelo professor. De posse dessa compreensão, ele poderá, desse modo, redefinir o *design* instrucional a ser aplicado com base nas necessidades individuais e coletivas dos educandos, além de propor formas adaptativas de abordagens que consigam absorver mudanças provocadas pela alteração das condições iniciais nos contextos de aprendizagem e de ensino.

Em suma, o campo de estudo da Complexidade, principalmente para as teorias educacionais contemporâneas, é amplo e fértil. A descoberta de seus benefícios à educação é relativamente recente, por isso é necessário desconstruirmos conceitos estabelecidos na dicotomia causa-efeito a fim de abrirmos espaço para discussões que envolvem a complexidade das relações humanas na educação.

## Referências

ARAÚJO, A. C. M. de; GOUVEIA, Luís B. Uma revisão sobre os princípios da teoria geral dos sistemas. *Revista Estação Científica*, Juiz de Fora, n. 16, p. 1-13, jul/dez. 2016. Disponível em: <<https://portal.estacio.br/media/3727396/uma-revis%C3%A3o-sobre-os-princ%C3%ADpios-da-teoria-geral-dos-sistemas.pdf>>. Acesso em: 02 jul. 2020.

BAR-YAM, Y. *Dynamics of Complex Systems*. 2. ed. Addison-Wesley, 2003, p. 258-294.

BRIGGS, J. *Fractals: the pattern of chaos* Discovering a new aesthetic of art, science, and nature. A Touchstone book, 1992.

CHIAVENATO, I. *Introdução à Teoria Geral da Administração*. 3. ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1983.

ENRIQUEZ, L. Fractal: an educational model for the convergence of formal and non-formal fractal. *Open Praxis*, v. 9. n. 4, 2017.

FEY, F.; ROSA, J. A. Teoria do caos: a ordem na não-linearidade, *Universo Acadêmico*, Taquara, v. 5, n. 1. 2012. Disponível em: <[https://www2.faccat.br/portal/sites/default/files/ckeditorfiles/ua2012\\_ffey\\_jarosa.pdf](https://www2.faccat.br/portal/sites/default/files/ckeditorfiles/ua2012_ffey_jarosa.pdf)>. Acesso em: 30 abr. 2020.

HOLLAND, J. H. *Hidden Order: How adaptation builds complexity*, Edição em paperback. Helix Books, 1997.

LARSEN-FREEMAN, D. Chaos/complexity science and second language acquisition. *Applied Linguistics*, 18, 1997. p. 141-165. Disponível em: <[https://www.uibk.ac.at/anglistik/staff/freeman/course-documents/diane\\_chaos\\_paper.pdf](https://www.uibk.ac.at/anglistik/staff/freeman/course-documents/diane_chaos_paper.pdf)> Acesso em: 4 de mar. de 2018.

\_\_\_\_\_, D. *Classroom-oriented research from a complex systems perspective*. 2016. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/308842593>>. Acesso em: 24 de set. de 2018.

\_\_\_\_\_, D. The emergence of complexity, fluency, and accuracy in the oral and written production of five Chinese learners of English. *Applied Linguistics*, v. 27, Issue 4, 1 December 2006, p. 590–619.

\_\_\_\_\_, D.; CAMERON, L. *Complex Systems and Applied Linguistics*. Oxford University, 2008.

MANDELBROT, B. *Les objets fractals: formes, hasard et dimensions*. Flammarion, 1995.

MARTINS, A. C. S. *A emergência de eventos complexos em aulas on-line e face-a-face: Uma Abordagem Ecológica*. 2008. 189 f. Tese (Doutorado em Estudos de Linguagens) – Programa de Pós-Graduação em Estudos de Linguagens (POSLING), Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), Belo Horizonte, 2008.

MORIN, E. *Introdução ao pensamento complexo*. Porto Alegre: Sulina, 2007.

TORRES, J. *A Linguística na perspectiva da Teoria da Complexidade*. 2017. (1h18min). Canal do YouTube Políglotar. Disponível em: <<https://youtu.be/6Q-7LTEXjwA>>. Acesso em: 01 de jul. de 2020.

VAN LIER, L. *The Ecology and Semiotics of Language Learning: A Sociocultural Perspective*. Springer Science & Business Media, 2004.

VYGOTSKY, L. S. *Pensamento e Linguagem*. Edição eletrônica: Ed Ridendo Castigat Mores. 2008, 112p.