



## DESETERANDO A RAIZ EPISTEMOLÓGICA DO CONECTIVISMO

### UNEARTHING THE EPISTEMOLOGICAL ROOT OF CONNECTIVISM

DOI: 10.5281/zenodo.15099056

Douglas Heinz

Marcia Zanievicz da Silva

#### Resumo

O conectivismo é uma teoria da aprendizagem que visa superar as limitações do behaviorismo, do cognitivismo e do construtivismo para lidar com um mundo em transformação tecnológica e digital. As teorias de redes, caos, complexidade e auto-organização são as bases epistemológicas da sua concepção. Este ensaio tem como objetivo investigar as contribuições destas teorias precursoras para o conectivismo. A análise, inicialmente conduzida de forma individualizada, levou à descoberta das relações existentes entre os fundamentos de cada uma das teorias e a abordagem conectivista, para na sequência oferecer uma perspectiva integrada, evidenciando que apesar de contribuições específicas, somente quando as teorias de redes, caos, complexidade e auto-organização são entendidas em conjunto é que se torna possível entender os fundamentos e princípios do conectivismo e suas potenciais contribuições para a aprendizagem.

**Palavras-chave:** Conectivismo. Teoria de redes. Teoria do caos. Teoria da complexidade. Teoria da auto-organização.

#### Abstract

Connectivism is a learning theory that arose with the aim of overcoming the limitations of behaviorism, cognitivism, and constructivism to deal with a world undergoing a technological and digital transformation. Theories of networks, chaos, complexity and self-organization are the epistemological bases of its conception. This essay aims to investigate the contributions of these precursor theories to connectivism. The analysis, initially conducted in an individualized format, led to the discovery of the existing relationships between the foundations of each one of the theories and the connectivist approach, to then offer an integrated perspective, demonstrating that despite specific contributions, it is only when the network, chaos, complexity and self-organization theories are understand collectively that it is possible to understand the foundations and principles of connectivism and its potential contributions to learning.

**Keywords:** Connectivism. Network theory. Chaos theory. Complexity theory. Self-organization theory.



## 1. INTRODUÇÃO: EXPLORANDO A ÁRVORE

O conectivismo pode ser caracterizado como um modelo teórico para o entendimento da aprendizagem (KOP; HILL, 2008) que surgiu como uma evolução da teoria construtivista, buscando responder a um cenário de intenso uso das tecnologias na educação (MATTAR, 2018), onde conteúdos e conhecimentos estão inseridos em uma complexa teia de pessoas, máquinas e redes interconectadas (SHUKIE, 2019). Sua origem está no trabalho seminal de Siemens (2004), que enfatiza as limitações das abordagens teóricas tradicionais para explicar a obtenção de conhecimentos na era digital, propondo um enfoque que reconheça o ambiente de aprendizagem como em constante transformação e não inteiramente sob o controle das pessoas. Neste cenário, os meios sociais e digitais se mesclam e modificam as formas de aprendizagem, que se tornam mais volúveis, desordenadas, horizontais, democráticas e em contínua e exponencial expansão (SANCHEZ-CABRERO et al., 2019).

Três pontos sintetizam a ideia central da teoria. Primeiro, o conectivismo é formado por uma série de conexões em rede, sendo que a aprendizagem consiste na habilidade de construir conhecimentos por meio dessa rede (DOWNES, 2012). Segundo, o aprendizado acontece tanto fora do cérebro humano quanto dentro dele, ou seja, as conexões das quais o aprendizado consiste são tanto internas do indivíduo quanto também entre entidades (CLARÀ; BARBERÀ, 2014). E, terceiro, a habilidade fundamental do indivíduo passa a ser a capacidade de identificar conexões entre diferentes conceitos (SIEMENS, 2004).

Como observam Barnett, McPherson e Sandiesom (2013), uma das mais profundas implicações desta abordagem é que a retenção de informação pelo indivíduo perde importância, sendo substituída pela capacidade de criar conexões poderosas e rapidamente acessíveis sempre que necessário. Assim, mesmo considerando a existência de algumas críticas ao conectivismo, em especial ao seu *status* de teoria, reconhece-se que ele possui postulados relevantes com potencial capacidade de contribuir para futuras construções sobre aprendizagem (CLARÀ; BARBERÀ, 2014).

Indo mais longe, Padrón e Ortega (2012) acreditam que o conectivismo pode até mesmo ser considerado um novo paradigma de aprendizagem, uma vez que está intrinsecamente relacionado com tecnologias de informação e comunicação (TICs) que introduziram conceitos totalmente revolucionários no processo de aprendizagem tradicional, como a interação e o ensino assíncrono. Além disso, continuam, a incorporação de estratégias

didáticas embasadas em princípios conectivistas pode minimizar a resistência à mudança, especialmente em áreas do conhecimento de natureza altamente estruturada.

Mesmo sendo possível encontrar antecedentes teóricos do conectivismo em trabalhos de psicanálise e da escola Gestalt (SANCHEZ-CABRERO et al., 2019), bem como na teoria do conhecimento distribuído de Downes (2012), Siemens (2004, p. 5) é que define o conectivismo como "[...] a integração de princípios explorados pelo caos, rede, e teorias da complexidade e auto-organização". Mas apesar destas bases epistemológicas estarem explícitas, a importância efetiva de cada uma para o conectivismo foi apenas sumariamente descrita pelo autor, por isso entende-se que mereçam uma investigação em profundidade.

O objetivo deste ensaio é discutir as contribuições das teorias do caos, redes, complexidade e auto-organização para o conectivismo. Adota-se a perspectiva do conectivismo entendido como uma árvore frutífera, cuja os frutos são novas práticas pedagógicas especificamente orientadas para satisfazer as preferências de um público cada vez mais exigente: os indivíduos participantes do processo de ensino-aprendizagem, sejam educadores, estudantes, administradores educacionais ou membros de comunidades escolares e acadêmicas. Se a exemplo de qualquer árvore, bons frutos dependem, entre outros fatores, do conhecimento sobre a raiz que mantém firme e alimenta a planta, para que a abordagem conectivista de aprendizagem tenha êxito, torna-se igualmente necessário entender quais suas origens e de que forma elas contribuíram para a formação e desenvolvimento da teoria. É preciso desenterrar a raiz epistemológica do conectivismo, não para descobri-la, uma vez que já é conhecida, mas sim objetivando revelar em detalhes as suas ramificações e de que forma elas afetam a árvore que sustentam.

Algumas tentativas neste sentido podem ser identificadas na literatura científica, todavia parecem não atingir o nível profundidade necessário, seja porque se focam, de forma pontual, em apenas umas das ramificações da raiz epistemológica do conectivismo, como o teoria de redes (ALDAHDOUH; OSÓRIO; CAIRES, 2015), a teoria do Caos (SHUKIE, 2019) e a teoria da complexidade (STRONG; HUTCHINS, 2010), ou porque acabam por concentrar esforços mais nos frutos e/ou teoria correlatas ao conectivismo do que propriamente em sua raiz epistemológica (SANCHEZ-CABRERO et al., 2019). Neste ensaio pretende-se contribuir para suprir tal lacuna de investigação, promovendo inicialmente uma análise detalhada das teorias de redes, caos, complexidade e auto-organização, para em seguida identificar suas contribuições ao conectivismo. Acredita-se que tal esforço possa auxiliar na compreensão e conseqüente aplicação do conectivismo, tendo em vista sua



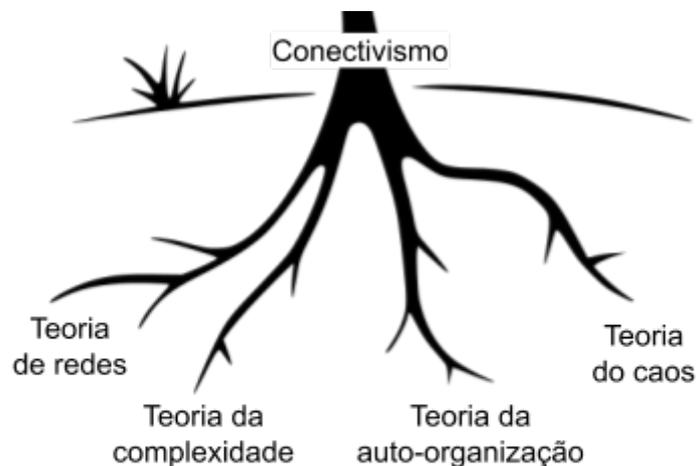
aparente adequação ao novo ambiente digital em que todas as áreas da sociedade, incluindo a da educação, estão inseridas.

Para tanto, o conteúdo está organizado da seguinte forma: além desta introdução, a segunda seção destaca cada uma das quatro teorias que formam a base epistemológica do conectivismo. Em seguida discute a relação entre estas teorias e finalmente são apresentadas as considerações finais.

## 2. A RAIZ E SUAS RAMIFICAÇÕES

Como mencionado na introdução, as bases do conectivismo são conhecidas e permitem um entendimento geral sobre ele. Ainda assim, analisar em profundidade as ramificações da sua raiz epistemológica, como proposto na Figura 1, parece ser um trabalho importante para o reconhecimento das características essenciais da teoria, permitindo uma melhor compreensão das suas origens epistemológicas.

**Figura 1** - a raiz epistemológica do conectivismo e suas ramificações



**Fonte:** elaborado pelos autores

Cada uma destas ramificações é analisada na sequência.

### 2.1 Ramificação 1: a teoria de redes

Uma rede pode ser descrita como um conjunto de atores ou nós ao longo de um conjunto de vínculos de um tipo especificado que os ligam. Os laços se interconectam por fins compartilhados para formar caminhos que vinculam indiretamente nós que são não

diretamente amarrados. O padrão de vínculos em uma rede produz uma estrutura específica, e os nós ocupam posições dentro essa estrutura (BORGATTI; HALGIN, 2011). Sua onipresença pode ser percebida em diferentes contextos, como nas redes digitais, sociais ou organizacionais, tornando o tópico objeto de considerável importância teórica e prática (PARKHE; WASSERMAN; RALSTON, 2006).

A teoria de redes origina-se em estudos sobre vantagens de alianças nas relações entre indivíduos, para mais tarde suportar também investigações nos campos econômico e organizacional (CUNHA; PASSADOR; PASSADOR, 2011). Dentre os seus antecedentes históricos, marco fundamental foi um trabalho, que ao resolver um problema do passeio em pontes de Königsberg (atual Kaliningrado) criou a teoria dos grafos, permitindo a representação matemática das redes (BRAGA; PEREIRA; GONÇALVES, 2014). Já no século XX, novos estudos identificaram como indivíduos se afiliam a diversos grupos sociais e as pressões psicológicas pelo estabelecimento dessas filiações, que leva a uma multiplicidade de níveis de realidade em que esse indivíduo estava inserido (CUNHA; PASSADOR; PASSADOR, 2011).

Avançando na análise das redes sociais, Granovetter (1973) categorizou os laços existentes entre indivíduos, definindo-os como fortes (aqueles que ocupam maior tempo e possuem maior intensidade emocional e trocas), fracos (mantidos com menor ou nenhum esforço) ou ausentes (sem nenhum relacionamento ou sem importância substancial). Para o autor, são os laços fracos, normalmente tratados com geradores de alienação, que na verdade mostram-se indispensáveis na criação de oportunidades para os indivíduos e sua integração dentro de comunidades. Já os laços fortes levam a total fragmentação. A explicação para esse argumento, segundo Marteleto e Silva (2004), é que se há conexão entre dois indivíduos com relações fortes, provavelmente acontecerá uma superposição entre eles, tornando a rede limitada. Logo, são as relações fracas que expandem a rede, conectando grupos sem relação entre si.

Além da abordagem da força dos laços fracos, o conceito de buracos estruturais é reconhecido como importante linha de estudo dentro da teoria de redes (BORGATTI; HALGIN, 2011). Buracos estruturais podem ser descritos como lacunas no fluxo de informação entre subgrupos em uma rede maior (HARGADON; SUTTON, 1997). As redes passam a ser entendidas como estruturas sociais abertas que permitem vantagens de acordo com a capacidade dos atores em se posicionar estrategicamente em pontes, aprendendo a reunir e criar oportunidades. Pessoas e organizações que atuam como pontes estruturais tendem a ter acesso a novas e privilegiadas informações, acelerando a sua curva de

aprendizagem e tornando-se mais preparadas para gerar inovações (ALVEZ; SANTOS, 2010).

Estudando estas abordagens, Borgatti e Halgin (2011) identificaram dois aspectos similares diretamente relacionados com a teoria de redes. Primeiro, que em ambas a noção de estrutura e posição desempenham um papel fundamental. Desta forma, torna-se importante examinar as consequências da estrutura da rede, incluindo o entendimento de como a estrutura e os atributos interagem para gerar resultados. Parte desta investigação consiste em explorar como as diferenças estruturais isoladas geram efeitos sobre toda a rede. E segundo, está implícita uma teoria da função da rede, que diz respeito ao fluxo ou a distribuição de informações, por isso dependem de um modelo como uma rede de caminhos que atuam como condutores para o fluxo de informações, chamado o modelo de fluxo ou tubulações. Isso significa que nós que estão longe de todos os outros, em média, receberão fluxos depois dos nós mais centrais. Da mesma forma, os nós incorporados em partes densas de uma rede geralmente receberão os mesmos volumes de fluxo de seus vários contatos, porque os contatos também estão ligados entre si.

Já a teoria Ator-Rede tem origem nos trabalhos desenvolvidos por Michel Callon, Bruno Latour e John Law no campo da sociologia da ciência e tecnologia (AMANTINO-DE-ANDRADE, 2004). Sua ideia central é que os seres humanos estabelecem redes não apenas com outros humanos, mas também interagindo com outros materiais, em uma composição do social engloba, além de pessoas, máquinas, textos, laboratórios, instituições, entre outros (MELO, 2011). Na teoria ator-rede não há distinção, ou definição, *a priori*, de qualquer tipo de elemento. Todos eles são chamados actantes. Todas as redes são consideradas sociotécnicas ou heterogêneas, pois entende-se que não há redes formadas apenas por humanos ou por dispositivos tecnológicos (HANSETH; AANESTAD; BERG, 2004).

Em qualquer tentativa de definição de uma entidade (agente, ator), deve-se definir os seus atributos, ou seja, sua rede. Um ator não é nada mais do que uma rede, mas também uma rede é nada mais que atores. A rede é o conceito que auxilia na redistribuição e realocação da ação (LATOUR, 2013). A teoria ator-rede utiliza algumas propriedades simples das redes e acrescenta um ator, que executa alguma ação. Dentre estas características estão: (i) longe/perto - em uma rede, elementos que parecem próximos, quando desconectados, podem na realidade estar muito distantes, e, no sentido oposto, elementos que aparentam distância podem estar próximos quando analisadas as conexões; (ii) pequena / grande escala - uma rede nunca é maior do que outra, apenas é mais extensa ou está mais intensamente conectada; (iii) em uma rede não existe hierarquia de relacionamentos, tornando simples a transformação de

um elemento fracamente conectado em altamente conectado, ou ao contrário; (iv) a noção de redes elimina a dicotomia entre visão local e global, tornando possível pensar em uma entidade global fortemente conectada ao mesmo tempo que continua local; (v) dentro/fora - em uma rede não há fronteiras delimitando dentro ou fora, restando apenas identificar se existe ou não uma conexão estabelecida entre dois elementos (LATOURE, 1996).

Redes permitem representar o todo e as partes ao mesmo tempo, oferecendo uma maneira explícita e ordenada de fazê-lo. São sistêmicas ou holísticas e, atendendo a propriedade básica do contexto. Elas permitem o estudo de detalhes fragmentados, mas oferecem técnicas para contextualizar os detalhes. (GUMMESSON, 2007). O desenvolvimento teórico sobre redes, aliado aos avanços tecnológicos e sociológicos, tem oportunizado uma abordagem mais prática e aplicável, permitindo uma análise integrada e múltipla do tema (ALVES; SANTOS, 2010).

## 2.2 Ramificação 2: a teoria da complexidade

A natureza exata da pesquisa sobre complexidade é incerta devido ao grande grau em que as ideias relacionadas são estudadas por meio de fronteiras disciplinares. É possível, porém, rastrear alguns antecedentes da teoria, como a filosofia do organismo, as redes neurais, a cibernética, os autômatos celulares e em especial a teoria dos sistemas, pois tanto ela quanto a teoria da complexidade possuem o mesmo foco na apreciação antirreducionista de sistemas interconectados (MANSON, 2001). Porém, a teoria dos sistemas opera sob o princípio de sistema holístico de uma perspectiva reducionista, já a teoria da complexidade provém uma contra perspectiva, que incorpora uma abordagem conexionista (TURNER; BAKER, 2019).

Algumas tendências contemporâneas ajudam a compreender o crescente interesse pela teoria da complexidade: mudanças dramáticas que estão ocorrendo na estrutura e operação de empresas, governos e organizações não governamentais, como a globalização, a diversidade da força de trabalho, a privatização dos serviços públicos, entre outros; a revolução da informação e as várias oportunidades que este fenômeno proporciona; e a crescente taxa de criação e dissolução de diversos tipos de entidades, seja em nível nacional ou organizacional (Cohen, 1999). Apesar destas tendências estarem mais focadas na área organizacional, deve-se considerar que a teoria da complexidade é um campo interdisciplinar, onde descobertas em uma área são transferidas para outras disciplinas, logo estudos em um determinado contexto podem trazer contribuições para a teoria como um todo (POLLACK; ADLER; SANKARAN, 2014)



A teoria da complexidade vê os sistemas como não lineares, portanto, os estados futuros são imprevisíveis. À medida que um sistema passa de simples para complexo, os mecanismos preditivos se tornam menos confiáveis (TURNER; BAKER, 2019). Para Mason (2001), a teoria da complexidade pode ser dividida em três ramos: complexidade algorítmica, abrangendo as áreas da matemática e informação; complexidade determinística, que trata da teoria do caos e da teoria da catástrofe; e complexidade agregada, que se preocupa em como elementos individuais trabalham em conjunto para criar sistemas com comportamento complexo. Já Turner e Baker (2019) relacionam três escolas de pensamento distintas sobre complexidade: a ciência da complexidade reducionista, que reduz os elementos em componentes de nível inferior e desenvolve regras de interação entre eles e com componentes de nível superior, visando explicar propriedades emergentes; o pensamento de complexidade, focado naquilo que não pode ser explicado, considerando que o conhecimento sobre o ambiente é sempre limitado e incompleto; e a ciência da complexidade suave, também conhecida como escola metafórica, que entende o mundo social é intrinsecamente diferente do mundo natural, a partir de uma perspectiva conexionista.

A complexidade de um sistema depende do número de seus elementos e das conexões entre eles, ou seja, a estrutura do sistema (FUCHS, 2003). Os sistemas complexos podem ser reconhecidos por possuírem algumas características específicas. Primeiro, eles são auto similares, o que significa que um sistema complexo pode ser composto por outro sistema complexo, o que não só acaba com as fronteiras que separam as partes, mas também envolve várias disciplinas que dividem e visualizam as partes diferentemente. Segundo, um sistema se auto organiza, ou seja, mesmo que possam existir em muitos estados diferentes, os sistemas complexos tendem a se atrair para comparativamente poucos estados. Terceiro, eles são não-lineares, altamente sensíveis às condições iniciais, o que os torna também imprevisíveis e dependentes. E quarto, os sistemas complexos são redes, formadas por nós e conexões (NUNN, 2007).

Os teóricos contemporâneos da complexidade frequentemente focam na maneira pela qual as interações locais de atores individuais dão origem a um sistema global, e nas maneiras pelas quais essas interações locais agem para manter e aumentar a complexidade do sistema, que está em constante mudança por causa dos processos não lineares que ocorrem e tendem a construir a eles mesmos, o que causa transformações a partir de dentro (WARREN, FRANKLIN; STREETER, 1998). Ainda assim, há um limite na aplicabilidade da teoria, visto na tensão entre aqueles que entendem a complexidade determinística como uma forma de

entender sistemas complexos por meio de atratores e outros que afirmam que a sensibilidade às condições iniciais limita o entendimento e a previsão (MANSON, 2001).

### 2.3 Ramificação 3: a teoria do caos

Os estudos de Henri Poincaré, no final do século XIX, levaram ao desenvolvimento matemático das equações diferenciais não lineares, explicando os sistemas dinâmicos de um mundo não linear. Esta descoberta pode ser considerada um antecedente da teoria do caos (GALLEGOS, 2005). Na década de 1960, o trabalho do meteorologista norte americano Edward Lorenz sobre padrões climáticos deu origem ao princípio conhecido como "efeito borboleta", representado pela ideia de que uma borboleta batendo as asas na Amazônia pode provocar um tornado no Texas WARREN, FRANKLIN; STREETER, 1998). Atuando no Massachusetts Institute of Technology, Lorenz realizava simulações computacionais de previsões do tempo quando, ao repetir alguns cálculos, modificou equivocadamente o número de casas decimais do software. Com isso, os gráficos resultantes tornaram completamente diferentes dos anteriores, comprovando a enorme sensibilidade do sistema às condições iniciais e colocando em xeque o princípio de causa e efeito, pelo qual os dois eventos seriam dependentes em magnitude (WOOD JR., 1993). As descobertas entusiasmaram alguns matemáticos, e em pouco tempo físicos, biólogos, astrônomos passaram a buscar por princípios semelhantes para aplicar em suas áreas de atuação (GLEICK, 1987), dando início ao campo de estudos da teoria do caos.

Apesar de alguns autores tratarem a teoria do caos como uma área dentro da teoria da complexidade (MANSON, 2001; McBRIDE, 2005; TURNER; BAKER, 2019), pelo menos uma distinção relevante pode ser observada. Enquanto a complexidade indica a extensão de um conjunto de instruções que deve ser seguido para retratar ou construir um sistema, a teoria do caos trata do comportamento que aparenta não ser determinístico, mas que na verdade não é randômico, mas sim governado por leis (NUNN, 2007).

Caos significa ordem sem previsibilidade, ou seja, determinados sistemas físicos ou sociais podem ser relativamente bem compreendidos, descritos por um conjunto de condições ou regras, e ainda assim permanecerem fundamentalmente imprevisíveis. Isso implica em um tipo de princípio da incerteza inerente - não apenas em como o mundo é percebido, mas em como ele realmente funciona (CARTWRIGHT, 1991). Sistemas caóticos, porém, não se confundem com sistemas aleatórios ou desordenados, pois há uma ordem e um padrão no

sistema como um todo. Caos não significa desordem, mas sim imprevisibilidade (FEY; ROSA, 2012).

A teoria do caos sustenta que existe um caos verdadeiro de acordo com o uso popular e um caos robusto que é aparentemente aleatório, mas na verdade é a manifestação de alguma ordem subjacente acessível (MANSON, 2001). Dessa forma, se contrapondo à ideia intuitiva de ausência de ordem, esta teoria busca a descoberta de padrões e leis relativamente simples que orientam uma série de fenômenos complexos (WOOD JR., 1993). Para tanto, utiliza os chamados sistemas dinâmicos não-lineares, em que o comportamento não segue caminhos claros, repetíveis e previsíveis. Os sistemas explorados são dinâmicos, que emergem, persistem por algum tempo e então desaparecem e/ou são substituídos por uma aparente aleatoriedade, permitindo o surgimento de novos padrões, que entretanto permanecem dinâmicos, ou seja, nunca são exatamente iguais aos anteriores em estado ou fluxo (McBRIDE, 2005). Este movimento pode ser entendido como um comportamento caótico determinístico que possui várias características distintivas: ele surge nos sistemas de feedback, nunca se repetindo com precisão, mas permanecendo dentro de um certo intervalo de possibilidades. Pequenas diferenças são ampliadas à medida que avançam repetidamente no sistema de feedback (WARREN; FRANKLIN; STREETER, 1998).

Originalmente tratada como uma teoria aplicada em estudos ligados a métodos quantitativos, é a partir da obra de Kellert (1993) que a teoria do caos passa a ser discutida de forma não-matemática (McBRIDE, 2005). Observa-se o viés qualitativo deste trabalho desde a definição proposta pelo autor: "a teoria do caos é o estudo qualitativo do comportamento aperiódico instável em sistemas dinâmicos determinísticos não lineares" (KELLERT, 1993, p. 2).

Ao defender a noção de uma complexidade determinística, Manson (2001) aponta quatro características distintivas da teoria do caos. São elas: o uso de matemática determinística e atratores matemáticos; a noção de *feedback*; a sensibilidade às condições iniciais e bifurcação; e a ideia de caos determinístico e atratores estranhos. Posteriormente, McBride (2005), revisando estudos organizacionais, propôs um *framework* que objetiva permitir um suporte fenomenológico para interpretar interações em um sistema. Os conceitos centrais apontados são apresentados no Quadro 1, corroborando e expandindo as ideias de Manson (2001).

**Quadro 1:** Algumas ferramentas conceituais chave na teoria do caos



Domínio de interação / Espaço de fase	Escopo de influência, espaço que abrange todas as possíveis consequências comportamentais.
Condições iniciais	Conjunto de estados iniciais de algum sistema no início do período de mudança.
Atratores estranhos	Padrões de comportamento de um sistema; regularidades gerais que são auto similares.
Bacia de resultados	Subconjunto do domínio de interação no qual o atrator estranho itera.
Eventos e escolhas	Incidentes, externos ou internos, planejados ou emergentes, que alteram as interações do sistema, amplificando as condições iniciais por meio de feedback positivo.
Margem do caos	Ponto de não equilíbrio no qual fatores críticos referentes ao sistema estão prontos para forçar uma mudança para um novo atrator estranho.
Bifurcação	Ponto em que ocorre uma mudança qualitativa entre dois estados, levando a uma transformação irreversível no sistema.
Iteração	Ciclo de repetir o comportamento de um atrator estranho. Ciclo de interação que fornece feedback positivo para amplificar as condições iniciais.
Conectividade	Extensão e complexidade da rede de relacionamentos que apoiam o fluxo de conhecimento e um feedback positivo.

Fonte: adaptado de McBride (2005)

Como resume Gallegos (2005), as concepções que afirmam a existência do caos e da complexidade recebem cada vez mais crédito como um guia para o pensamento científico, convidando a encontrar as regularidades no irregular, o determinado no indeterminado, a ordem subjacente na desordem aparente. Levy (1994) complementa este pensamento quando afirma que é a promessa de encontrar uma ordem fundamental e a estrutura por trás do complexo provavelmente explica o grande interesse que a teoria do caos gerou em tantos campos.

#### **2.4 Ramificação 4: a teoria da auto-organização**

Assim como acontece com a teoria do caos, a teoria da auto-organização também é reconhecida na literatura, em alguns casos, como um ramo da complexidade (NUNN, 2007). Apesar disso é possível traçar um caminho epistemológico exclusivo para esta teoria.

Partindo de uma perspectiva histórica há pelo menos duas origens distintas da teoria. No campo da Biologia, Von Foerster publicou, em 1960, estudo que salientou que um sistema auto-organizado está em contato próximo com um ambiente em um estado de interação perpétua (FUCHS; COLLIER, 2007). Já Jane Jacobs, em 1961, em trabalho sobre planejamento urbano argumentou que comunidades se auto organizavam de maneira similar a insetos, demonstrando que anteriormente às autoridades centrais de planejamento dividirem as áreas de uma cidade para usos específicos, as simples interações locais das pessoas levavam a um comportamento global complexo no nível da cidade, com bairros de luxo, favelas e distritos comerciais emergindo sem que ninguém orientasse tal organização (WILEY; EDWARDS, 2002).

De forma geral, a auto-organização diz respeito a “cooperação” global dos elementos de um sistema dinâmico que surge espontaneamente quando um estado atrator é alcançado (ROCHA, 1998). A teoria da auto-organização levou a transformação de paradigmas científicos: do modelo newtoniano às abordagens da complexidade. Há uma mudança de previsibilidade para não previsibilidade, de ordem e estabilidade para instabilidade, caos e dinâmica; da certeza e determinação ao risco, ambiguidade e incerteza; do controle e direção à auto-organização dos sistemas, da linearidade à complexidade e causalidade multidimensional; do reducionismo ao emergentismo, do ser ao devir e da fragmentação à interdisciplinaridade (FUCHS, 2003).



A auto-organização é a formação espontânea de estruturas, padrões ou comportamentos bem-organizados a partir de condições iniciais aleatórias. Os sistemas usados para estudar esse fenômeno são chamados de sistemas dinâmicos. Eles possuem muitos elementos ou variáveis e, portanto, espaços de estado muito amplos, que a partir de algumas condições iniciais, tendem a convergir para pequenas áreas de espaço (bacias atratoras) que podem ser interpretadas como uma forma de auto-organização (ROCHA, 1998). O paradigma da auto-organização assume que o comportamento organizacional não pode ser determinado a partir do exterior. Tentativas de controlar o comportamento de um sistema devem ser percebidas como perturbações às quais a organização como sistema social reage de uma maneira não previsível (WULF, 1999).

No paradigma da auto-organização os sistemas cognitivos são definidos como aqueles capazes de auto-organizar seus componentes em bacias de atração discretas, usadas para discriminar o ambiente que são capazes de construir. As classificações se tornam sub-simbólicas e residem em algum padrão estável de ativação dos componentes do sistema dinâmico, em vez de se basearem em alguns símbolos de nível superior (ROCHA, 1998).

Um sistema auto-organizado pode ser caracterizado de duas formas. Na primeira, ele passa de um estado de partes separadas para partes unidas, ou em uma perspectiva de redes, pode-se também dizer que um sistema se torna auto conectado, saindo de uma situação de independência das partes para alguma forma de conexão. Já na segunda, o sistema muda de uma má para uma boa organização. Os sistemas auto-organizados têm uma causalidade complexa e circular. Neles, causas e efeitos não podem ser mapeados linearmente: causas semelhantes podem ter efeitos diferentes e causas diferentes, efeitos semelhantes; pequenas mudanças de causas podem ter grandes efeitos, enquanto grandes mudanças também podem resultar apenas em pequenos efeitos, mas, no entanto, também pode acontecer que pequenas causas tenham pequenos efeitos e grandes causem grandes efeitos (FUCHS, 2003).

### **3. DISCUSSÃO: ESCAVAÇÕES E DESCOBERTAS**

Como destacado na introdução, Siemens (2004) tratou brevemente das teorias que fundamentaram conectivismo. A discussão que segue toma como ponto de partida, para cada uma destas teorias, justamente os aspectos destacados no trabalho seminal, para então analisá-los à luz da investigação conduzida na seção anterior.

Sobre a primeira raiz, a teoria de redes, uma visão da sua importância para o conectivismo pode ser encontrada na afirmação de que "[...] quando o conhecimento é



necessário, mas não conhecido, a habilidade de se 'plugar' a fontes para encontrar o que é requerido torna-se uma habilidade vital" (SIEMENS, 2004, p. 8). A noção de 'plugar' tem como sentido lógico o estabelecimento de conexões com as possíveis fontes do conhecimento que precisa ser obtido, ou seja, o estabelecimento de redes.

As conexões surgem, portanto, como um primeiro conceito originalmente difundido na teoria de redes que pode ser encontrado também no conectivismo. Como explicaram Borgatti e Halgin (2011), uma rede diz respeito ao fluxo ou a distribuição de informações por caminhos condutores chamados de fluxos ou tubulações, metáfora também usada por Siemens (2004, p. 8), ao enfatizar que "O tubo é mais importante do que o conteúdo dentro do tubo". Por conteúdo entende-se as informações que são transmitidas pela rede. Já o tubo, neste caso, diz respeito justamente às conexões que são estabelecidas e mostram-se indispensáveis para a construção do conhecimento na abordagem conectivista, pois a aprendizagem busca "[...] conectar conjuntos de informações especializadas, e as conexões que nos capacitam a aprender são mais importantes que o nosso estado atual de conhecimento (SIEMENS, 2004 p. 5-6).

A força destas conexões emerge como outro aspecto essencial tanto da teoria de redes quanto do conectivismo. A noção de laços fortes e fracos, originalmente apresentada por Granovetter (1973) foi explorada também por Siemens (2004), ao sugerir que as redes formadas por pessoas próximas, com interesses e conhecimentos semelhantes (laços fortes), limitam a aprendizagem. Neste sentido, ao contrário do que o senso comum parece indicar, na verdade são os laços fracos que levam ampliação de uma rede, pois são as conexões entre ideias e campos muito diferentes (ou seja, originalmente fracas), que podem gerar resultados realmente inovadores. Traduzindo para a perspectiva do conectivismo, ao ampliar os vínculos existentes em uma rede, mesmo que os nós originalmente estejam distantes, aumentam as oportunidades para o desenvolvimento do conhecimento existente nesta rede.

Sobre esta mesma raiz, outro ponto que merece destaque são os nós. Para AlDahdouh, Osório e Caires (2015), eles dizem respeito a quaisquer objetos que possam ser conectados em uma rede, noção que está presente no segundo princípio da teoria do conectivismo: "aprendizagem é um processo de conectar nós especializados ou fontes de informação" (SIEMENS 2004, p. 6). O principal tipo de nó apontado na teoria é o indivíduo, detentor de conhecimento pessoal formado a partir da sua rede de conexões e que alimenta de volta a rede provendo nova aprendizagem ao indivíduo, fazendo com que as conexões formadas atualizem continuamente os "nós" da rede. Ou como sugerem Clarà e Barberà (2014), o aprendizado consiste conectar nós, de forma que essas conexões sejam o conhecimento em si.



Ainda em relação aos nós, Siemens (2004) indica que eles não se limitam aos indivíduos, mas abrangem também outras categorias, citando nominalmente áreas, ideias e comunidades. Esta noção aproxima o conectivismo da teoria ator-rede (LATOUR, 2013), que utiliza o conceito de actantes para designar os elementos que formam a rede, ou seja, os nós. Chave para essa compreensão é o terceiro princípio do conectivismo "a aprendizagem pode residir em dispositivos não humanos (SIEMENS, 2004, p. 6), ou seja, a exemplo do que defende a teoria ator-rede, no conectivismo também existem nós (ou actantes) não-humanos, que se conectam para permitir a difusão dos dados que detém, de forma que o fluxo dentro da rede leve à transformação desses dados em informações, e das informações em aprendizagem.

Depreende-se desta investigação que os dois elementos da teoria de redes que nutrem a primeira raiz do conectivismo são os nós (indivíduos, dispositivos, ideias) e as conexões (relações entre os elementos). Ambos encontram maior representação, para a abordagem conexcionista, na teoria ator-rede, principalmente por considerar que os nós (actantes) não são apenas indivíduos, mas também dispositivos, que estão conectados de múltiplas formas. Analisando estes conceitos em conjunto, Siemens (2004) corrobora tal ponto de vista ao destacar que os nós que conseguirem maior importância terão maior sucesso também em formar conexões, o que impacta diretamente a aprendizagem, que se pode afirmar, é, em última instância, o objetivo maior do conectivismo.

A segunda raiz desenterrada, a teoria da complexidade, apresenta uma característica peculiar assim que observada de perto. Apesar de perpassar a maioria das discussões realizadas no artigo, a complexidade é a única base epistemológica do conectivismo explicitamente citada por Siemens (2004) que não recebeu um comentário específico, mesmo que pontual, no artigo. Uma possível razão para isso é o fato de a teoria da complexidade confundir-se, em certo grau, com as outras teorias apontadas pelo autor, pois como destacado na seção anterior, as teorias da auto-organização e do caos são apontadas, por alguns estudiosos, como ramos da teoria da complexidade. Além disso, alguns dos conceitos presentes na teoria da complexidade, como a conexão, aproximam-se da teoria de redes. Ainda assim, por estar citada separadamente como uma das ramificações da raiz do conectivismo, a complexidade merece um olhar individualizado.

Um ponto de partida pode ser a observação de Turner e Baker (2019), de que a teoria da complexidade se contrapõe à teoria dos sistemas por buscar uma visão holística conexcionista, em vez de reducionista. Ao destacar a ideia de conexão estes autores demonstram que a teoria da complexidade aponta na mesma direção do conectivismo. E se de certa forma o conceito de conexão aqui parece confundir-se com a mesma ideia apresentada



na teoria de redes, uma observação importante vem de Fuchs (2003), ao destacar que a complexidade de um sistema depende da quantidade de elementos e do número de conexões entre eles. Assim, é possível considerar que mais do que prover um modelo de aprendizado em rede, em essência o conectivismo busca ampliar a aprendizagem utilizando redes complexas, formadas por uma grande quantidade de nós com extensas conexões muitas vezes não totalmente conhecidas e que devem ser entendidas no todo, e não em partes.

Siemens (2004) também reitera que a aprendizagem é um processo que ocorre em ambientes nebulosos, com elementos que estão em constante mudança e não inteiramente sob o controle dos indivíduos. Como afirma McBride (2005), em muitos sistemas a complexidade é ampliada devido a intervenções constantes envolvendo novas condições e mudanças ambientais, o que pode tornar impossível a explicação de tal nível de complexidade. Logo, um princípio que parece importante para proporcionar a aprendizagem no modelo conectivista é o da adaptação ao ambiente em contínua e nunca totalmente compreendida transformação. Uma das facetas do conectivismo relacionada com este aspecto da teoria da complexidade é a noção de que as decisões dos indivíduos se baseiam em fundamentos que se modificam continuamente, tornando essencial a habilidade de reconhecer informações importantes e não importantes, bem como aquelas novas informações que alteram um panorama anteriormente identificado.

Outra característica da complexidade relevante nesta discussão é a autossimilaridade, que resulta na eliminação das fronteiras entre as partes, ao mesmo tempo que exige o envolvimento de várias disciplinas que visualizam as partes diferentemente (NUNN, 2007). A teoria do conectivismo se vale desta característica quando define um dos seus princípios como a habilidade de enxergar conexões entre áreas, ideias e conceitos (SIEMENS, 2004), pois este tipo de capacidade do indivíduo parece requerer a substituição de um pensamento fracionado, limitado a fronteiras disciplinares, por outro, abrangente, transdisciplinar, exatamente como definido na teoria da complexidade.

Desenterrar a segunda raiz requer considerável esforço. A teoria da complexidade possui várias peculiaridades, com destaque para o seu entrelaçamento com as demais teorias que formam a base epistemológica do conectivismo, logo, identificar com exatidão as contribuições específicas da complexidade mostra-se um trabalho desafiante. Esta raiz, mais do que as outras, apresenta características próprias bem distintas.

Escavando um pouco mais surge a terceira raiz, a teoria do caos. O primeiro trabalho que necessita ser realizado é separá-la da raiz anterior, a complexidade. Para tanto pode-se recorrer a Wood Jr. (1993), que explica a teoria do caos como a tentativa de descoberta de



padrões e leis em fenômenos complexos. Ou seja, enquanto a complexidade aponta as características da rede conectivista de aprendizagem, formada por vários nós com conexões complexas, a teoria do caos busca identificar e entender estas conexões, se possível reconhecendo regularidades no que parece ser aleatório. Não se deve perder de vista, entretanto, que em um sistema caótico mesmo as regularidades nunca são idênticas. Elas surgem e permanecem por um período dentro de um intervalo de possibilidades (WARREN; FRANKLIN; STREETER, 1998).

Realizada esta separação, pode-se então iniciar o exame da raiz. A noção de caos como dotado de uma ordem subjacente acessível (MANSON, 2001) perpassa a explicação de Siemens (2004, p. 4) de que "caos é o colapso da previsibilidade, evidenciado em arranjos complicados que inicialmente desafiam a ordem [...]. O caos afirma que os significados existem - o desafio dos aprendizes é reconhecer os padrões que parecem estar ocultos". Ou seja, a incerteza inerente ao caos (CARTWRIGHT, 1991) torna a aprendizagem, sob a perspectiva conectivista, uma tarefa que demanda a construção de conhecimentos a partir da exploração de elementos, informações e objetos desconhecidos e/ou que inicialmente podem parecer não possuir qualquer relação com a aprendizagem pretendida. Torna-se necessário acumular dados para ampliar a possibilidade de reconhecer os padrões ocultos, ou como Siemens (2004, p. 6) define no quarto princípio do conectivismo, "a capacidade de saber mais é mais crítica do que aquilo que é conhecido atualmente".

Já o "efeito borboleta", explicado por Warren, Franklin e Streeter (1998), é citado também por Siemens (2004) para destacar que as condições iniciais impactam fortemente a aprendizagem de um indivíduo. Este fenômeno relaciona-se com o oitavo princípio do conectivismo, a capacidade de tomada de decisão, pois se as condições que levam a uma decisão mudam, a decisão pode ser impactada também, fazendo com que deixe de ser tão adequada como parecia inicialmente. Em resumo, se a complexidade explica o ambiente em que a aprendizagem conectivista ocorre, a teoria do caos, especificamente no que tange ao "efeito borboleta", deixa claro que a habilidade de reconhecer e se ajustar às mudanças de padrões é uma tarefa-chave da aprendizagem. No conectivismo, esta capacidade de se ajustar a mudanças é chamada de atualização, e é a intenção de todas as atividades de aprendizagem, segundo o sétimo princípio conectivista (SIEMENS, 2004).

A terceira raiz contribui para a formação do conectivismo pela noção de que a aprendizagem é uma tarefa que requer, além de conexão, acumulação e constante atualização. Apesar de que em algum momento as conexões e os conteúdos acumulados (não internamente, mas também em dispositivos externos ao indivíduo) possam parecer

desprovidos de utilidade, estando a aprendizagem imersa em um ambiente caótico, conhecimentos não previstos podem emergir. Além disso, devido ao "efeito borboleta", o conhecimento nunca é algo pronto, definitivo, e deve estar em constante (re)construção. Sob esta perspectiva pode-se então reconhecer que a teoria do caos sustenta a premissa do conectivismo de que a formação de significados é uma tarefa importante para a aprendizagem.

A teoria da auto-organização é a essência da quarta e última raiz do conectivismo, e a exemplo do caos também parece, inicialmente, emaranhada com a complexidade. A separação necessária pode tomar como ponto de partida a ideia de que, na auto-organização, o comportamento de um sistema não pode ser determinado pelo exterior (WULF, 1999). Neste sentido, Siemens (2004) reconhece que a aprendizagem auto-organizada requer um sistema aberto que seja capaz de mudar a sua própria estrutura, onde o indivíduo deve ter a capacidade de formar a sua rede de conexões para então criar padrões de informações úteis. Logo, entende-se que as redes complexas e caóticas que levam à aprendizagem, na abordagem conectivista, não são fenômenos naturais decorrentes do ambiente, mas sim construções dos próprios aprendizes. Mais do que isso, atividade de auto-organizar (construir / reconfigurar) tais redes já é por si só, um processo de aprendizagem.

Outra característica da auto-organização é a presença de uma causalidade complexa e circular, onde causa e efeito não são identificados linearmente (ASBHY, 1962). Como reconhece Siemens (2004), o conectivismo também sugere que a aprendizagem acontece em um processo cíclico, fluindo do indivíduo para os outros elementos por uma rede complexa, e então retroalimentando a rede de forma a prover uma aprendizagem contínua. Assim, o conceito de não linearidade entre causa e efeito presente na teoria auto-organização pode ser identificado na descrição do funcionamento de uma rede de aprendizagem no conectivismo.

Analisada em perspectiva após ser desenterrada, a quarta raiz trata do funcionamento da abordagem conectivista. Enquanto as teorias de redes, complexidade e caos buscam explicar quais são as características e os elementos geradores da aprendizagem, a auto-organização explica como o processo, de fato, ocorre.

Estando a raiz e suas ramificações desenterradas e analisadas individualmente, pode-se vislumbrar como elas afetam, no todo, a árvore que sustentam. Visando facilitar a compreensão destas implicações, o quadro 2 resume os principais aspectos explorados em relação às bases epistemológicas do conectivismo.

**Quadro 2:** Contribuições da raiz epistemológicas para o conectivismo



<b>Teoria (ramificação)</b>	<b>princípios</b>	<b>Implicações no conectivismo</b>
redes	conexão	permite o fluxo de informações por uma rede que gera a aprendizagem
	laços fracos	proporcionam o surgimento de vínculos entre campos e pessoas muito diferentes, ampliando a possibilidade de desenvolvimento de conhecimento
	nós	componentes da rede que podem ser tanto aprendizes quanto geradores de aprendizagem
	ator-rede	os nós não são apenas indivíduos, mas também outros dispositivos em que a aprendizagem pode residir
Complexidade	Visão holística integrada	as redes conectivistas devem ser tomadas no todo, não em partes
	múltiplos nós e conexões	redes de aprendizagem são formadas por uma grande quantidade de nós e conexões
	ambiente em contínua transformação	aprendizes necessitam adaptar-se continuamente ao ambiente, reconhecendo informações importantes e não importantes em cada contexto e momento
	autossimilaridade e	é requerida a habilidade de enxergar conhecimentos em ideias, conceitos e áreas transdisciplinares
Caos	busca por regularidade no que parece ser aleatório	aprendizagem pode acontecer pela exploração de elementos que inicialmente parecem não possuir qualquer relação
	acumulação de	pode acontecer pela expansão da rede e amplia



	informações	a possibilidade de reconhecimento de padrões ocultos
	Efeito borboleta	formação de significados é importante e deve ser contínua, pois mudanças nas condições iniciais podem impactar o conhecimento e a aprendizagem
Auto-organização	comportamento do sistema é determinado pelo ambiente interno	aprendizagem requer um sistema aberto que seja capaz de mudar a sua própria estrutura, permitindo que o indivíduo tenha a capacidade de formar a sua rede de conexões para então criar padrões de informações úteis.
	causalidade complexa e circular	a aprendizagem acontece em um processo cíclico, fluindo do indivíduo para os outros elementos por uma rede complexa, e então retroalimentando a rede de forma a prover uma aprendizagem contínua

**Fonte:** elaborado pelos autores

Como primeira ramificação, a teoria de redes fornece os conceitos básicos do conectivismo: as noções de conexão e nós, cada qual acrescida de um ingrediente extra; as conexões que potencializam a aprendizagem são do tipo laços fracos (GRANOVETTER, 1973) e os nós não são apenas indivíduos, mas qualquer dispositivo que possa ser incorporado à rede auxiliando na aprendizagem, como preconiza a teoria-ator rede (LATOUR, 1996). A segunda ramificação, da teoria da complexidade, caracteriza as redes conectivistas como formadas por múltiplos nós e conexões, demandando que sejam consideradas no todo, não em partes, isso em um ambiente que requer adaptação contínua e habilidade enxergar relações complexas transdisciplinares. Já a teoria do caos, terceira ramificação, evidencia que em um ambiente em rede e complexo, a aprendizagem pode acontecer pela exploração de elementos que inicialmente parecem não guardar relação, o que sugere a necessidade de contínua acumulação de informações (que pode acontecer pela ampliação da rede) e formação de significados, considerando que alterações nas condições iniciais potencialmente impactam a aprendizagem. A última ramificação, da auto-organização, explica como a aprendizagem, na



perspectiva conectivista, ocorre: por meio de sistemas abertos que se organiza internamente, criando conexões e alterando a sua própria estrutura, gerando assim um processo não linear, em que o conhecimento presente nos nós alimenta a rede e depois retroalimenta os participantes.

Tomadas individualmente, as quatro bases teóricas destacadas por Siemens (2004) apresentam contribuições relevantes que justificam sua inclusão como fundamento epistemológico do conectivismo. A escavação realizada permitiu ir além dessa constatação, desenterrando a raiz e suas ramificações, de forma a deixar aparente que se cada uma delas serve a um propósito específico, juntas são capazes de sustentar a árvore.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS: A RAIZ DESENTERRADA**

Entender o funcionamento da raiz e suas ramificações é fundamental para a compreensão da fisiologia de uma planta como um todo, pois elas realizam funções de nutrição, sustentação e proteção em condições adversas (FREITAS; BARROSO; CARNEIRO, 2008). Analogamente, estudar as bases epistemológicas de uma teoria é um esforço intelectual importante visando a ampliação do conhecimento científico relacionado.

Neste sentido, o ensaio teórico realizado discute as origens do conectivismo, teoria de aprendizagem proposta originalmente no trabalho de Siemens (2004), e que segundo o próprio autor está fundamentada em elementos presentes nas teorias de redes, complexidade, caos e auto-organização. Foram identificados alguns dos princípios básicos de tais teorias, posteriormente discutidos à luz de sua relevância para o conectivismo.

A teoria de redes contribui para o conectivismo por meio dos princípios de conexão e nós, ampliados pelas noções de laços fracos e ator-rede. A teoria da complexidade mostra que as redes conectivistas são formadas por nós com múltiplas e complexas conexões que precisam ser tratadas no todo. A teoria do caos evidencia que a aprendizagem pode acontecer por conexões aparentemente inexistentes, impactadas pelas mudanças das condições iniciais do processo. E a teoria da auto-organização explica que a aprendizagem ocorre por meio de redes formadas a partir de conexões criadas pelo indivíduo, em um processo não linear de alimentação e retroalimentação de conhecimentos por meio da própria rede.

A árvore conectivista nasceu no momento que o mundo atravessa uma revolução digital, como deixa evidente a sua morfologia, constituída por dispositivos tecnológicos, conexões, bases de dados, internet, entre outros. Apesar disso, a investigação conduzida mostrou que ela é nutrida e se sustenta por princípios teóricos estabelecidos sobretudo na

segunda metade do século XX. Se independentes em sua origem, somente tomados em conjunto estes princípios teóricos foram capazes de levar ao desenvolvimento do conectivismo.

Quando desenterrada, a raiz do conectivismo revela ramificações que se encontram, de certa forma, entrelaçadas. Isso porque as quatro teorias formadoras possuem relação entre si, compartilhando alguns conceitos fundamentais. Este ensaio buscou desfazer este entrelaçamento, analisando cada teoria (ramificação) de forma isolada, todavia reconhece-se que possivelmente algumas das características distintivas do conectivismo possam ter origem justamente na junção de princípios das diferentes teorias que formam a sua base epistemológica. Surge aí uma possível linha de investigação para futuros estudos.

Outra característica de uma árvore são as flores e/ou frutos que ela produz. Por não serem objeto deste ensaio, os resultados decorrentes da aplicação do conectivismo como teoria da aprendizagem não foram explorados. Entretanto, trabalhos futuros que analisem as consequências do uso do conectivismo podem ajudar a compreender se os nutrientes (princípios) fornecidos por sua raiz epistemológica de fato estão permitindo que a árvore conectivista gere os frutos esperados.

## REFERÊNCIAS

- ALDAHDOUH, Alaa, A.; OSÓRIO, António J.; CAIRES, Susana. Understanding Knowledge Network, Learning and Connectivism. **International Journal of Instructional Technology and Distance Learning**. v. 12, n. 10, p. 3-20, 2015.
- ALVES, Carlos Alberto; SANTOS, Suzana Bierrenbach de Souza. Uma Abordagem Estrutural em Redes: expondo padrões, possibilidades e armadilhas. **Revista de Ciências da Administração**, v. 12, n. 26, p. 72-91, 2010.
- AMANTINO-DE-ANDRADE, Jackeline. Actor-network theory (ANT): uma tradução para compreender o relacional e o estrutural nas redes interorganizacionais?. **Cad. EBAPE.BR**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 2, p. 01-14, Jul. 2004.
- BARNETT, John; McPHERSON, Vance; SANDIESON, Rachel M. Connected teaching and learning: The uses and implications of connectivism in an online class. **Australasian Journal of Educational Technology**, v. 29, n. 5, 2013.
- BORGATTI, Stephen P.; HALGIN, Daniel S. On Network Theory. **Organization Science**. v. 22, n. 5, p. 1168-1181, 2011.
- BRAGA, Patricia Freitas; PEREIRA, Hernane Borges de Barros; GONÇALVES, Marcelo Albano Moret Simões. Difusão do conhecimento sob a perspectiva da teoria de redes: mapeamento da produção científica a partir de uma base de periódicos de física. **Perspectivas**

em **Gestão & Conhecimento**. v. 4, n. especial, p. 148-160, 2014.

CARTWRIGHT, T. J. Planning and Chaos Theory. **Journal of the American Planning Association**, v. 57, n. 1, p. 44-56, 1991.

CLARÀ, M.; BARBERÀ, E. Three problems with the connectivist conception of learning. **Journal of Computer Assisted Learning** n. 30, p. 197–206, 2014.

COHEN, Michael. Commentary on the Organization Science Special Issue on Complexity. **Organization Science**, v. 10, n. 3, p. 373-376, 1999.

CUNHA, J. A. C.; PASSADOR, J. L.; PASSADOR, C. S. Recomendações e apontamentos para categorizações em pesquisas sobre redes interorganizacionais. **CADERNOS EBAPE.BR**, v. 9, n. 4, p. 505-529, 2011.

DOWNES, Stephen. **Connectivism and Connective Knowledge: Essays on meaning and learning networks**. 2012. ISBN: 978-1-105-77846-9. Disponível em [https://www.downes.ca/files/books/Connective\\_Knowledge-19May2012.pdf](https://www.downes.ca/files/books/Connective_Knowledge-19May2012.pdf) Acesso 27 dez. 2019.

FEY, Franciele; ROSA, Jarbas André da; Teoria do Caos: a ordem na não-linearidade. **Universo Acadêmico**, v. 5, n. 1, p. 217-232, 2012.

FREITAS, Teresa Aparecida Soares de; BARROSO, Deborah Guerra; CARNEIRO, José Geraldo de Araújo. Dinâmica de raízes de espécies arbóreas: visão da literatura. **Ciência Florestal**, v. 18, n. 1, p. 133-142, 2008.

FUCHS Christian. Structuration Theory and Self-Organization. **Systemic Practice and Action Research**. v. 16, n. 4, p. 133-167, 2003.

FUCHS, Christian; COLLIER, John Donald. A Dynamic Systems View of Economic and Political Theory, **Theoria**, v. 54, n. 113, p. 23-52, 2007.

GALLEGOS, Miguel. Algunas consideraciones epistemológicas sobre las teorías del caos y la complejidad. **XII Jornadas de Investigación y Primer Encuentro de Investigadores en Psicología del Mercosur**. Facultad de Psicología - Universidad de Buenos Aires: Buenos Aires, P. 346-350, 2005.

GLEICK, James. **Chaos: Making a new science**. New York: Viking, 1987.

GRANOVETTER, M. The strength of weak ties. **American Journal of Sociology**, v. 78, n. 6, p. 1360-1380, 1973.

GUMMESSON, Evert. Case study research and network theory: birds of a feather. **Qualitative Research in Organizations and Management: An International Journal**, v. 2, n. 3, p. 226-248, 2007.

HANSETH, Ole; AANESTAD, Margunn; BERG, Marc. Actor-network theory and information systems. What's so special? **Information Technology & People**, v. 17, n. 2. p. 116-123, 2004.



HARGADON, A.; SUTTON, R. I. Technology brokering and innovation in a product development firm. **Administrative Science Quarterly**, v. 42, p. 716-749, 1997.

KELLERT, Stephen H. **In the wake of chaos: unpredictable order in Dynamical Systems**. Chicago: University of Chicago Press, 1993.

KOP, Rita; HILL, Adrian. Connectivism: Learning theory of the future or vestige of the past? **International Review of Research in Open and Distance Learning**. v. 9, n. 3. p. 1-13, 2008.

LATOUR, Bruno. On actor-network theory: a few clarifications plus more than a few complications, **Sziale Welt**, Baden-Baden, v. 47, p. 369-81, 1996.

LATOUR, Bruno. Redes, sociedades, esferas: reflexões de um teórico ator-rede. **Informática na educação: teoria & prática**, v. 16, n. 1, p. 23-36, 2013.

LEVY, David. Chaos theory and strategy: theory, application, and managerial implications. **Strategic Management Journal**, v. 15, p. 167-178, 1994.

MANSON, Steven M. Simplifying complexity: a review of complexity theory. **Geoforum**, v. 32, p. 405-414, 2001.

MARTELETO, R. M.; SILVA, A. B. DE O. E. Redes e capital social: o enfoque da informação para o desenvolvimento local. **Ciência da Informação**, v. 33, n. 3, p. 41-49, set. 2004.

MATTAR, J. Constructivism and connectivism in education technology: Active, situated, authentic, experiential, and anchored learning. **RIED - Revista Iberoamericana de Educación a Distancia** v. 21, n. 2, pp. 201-217, 2018.

McBRIDE, Neil. Chaos theory as a model for interpreting information systems in organizations, **Information Systems Journal**, n. 15, p. 233-254, 2005.

MELO, Maria de Fátima Aranha de Queiroz e. Discutindo a aprendizagem sob a perspectiva da teoria ator-rede. **Educar em Revista [en linea]**. n. 39, p. 177-190, 2011.

NUNN, Robin J. Complexity theory applied to itself. **Emergence:Complexity and Organizations**, v. 9, n. 1-2, p. 93-106, 2007.

PADRON, José; ORTEGA, Alfredo. La conectividad: Dogmatismo o nuevo referente paradigmático para el docente de vanguardia. **Revista de Investigación**, Caracas, v. 36, n. 75, p. 129-142, abr. 2012

PARKHE, Arvind; WASSERMAN, Stanley; RALSTON, David A. New Frontiers in Network Development. **Academy of Management Review**. v. 31, n. 3, p. 560-568, 2006.

POLLACK, Julien; ADLER, Daniel; SANKARAN, Shankar. Mapping the field of complexity theory: a computational approach to understanding changes in the field. **Emergence:Complexity and Organizations**, v. 16, n. 2, p. 74-92, 2014.



ROCHA, Luis Mateus. Selected Self-Organization And the Semiotics of Evolutionary Systems In: **Evolutionary Systems: Biological and Epistemological Perspectives on Selection and Self-Organization**. S. Salthe, G. Van de Vijver, and M. Delpo (eds.). Kluwer Academic Publishers, pp. 341-358, 1998.

SANCHEZ-CABRERO, R.; COSTA-ROMÁN, Óscar; MAÑOSO-PACHECO, L.; NOVILLO-LÓPEZ, M. Ángel; PERICACHO-GÓMEZ, F. J. Orígenes del conectivismo como nuevo paradigma del aprendizaje en la era digital. **Educación Y Humanismo**, 21(36), 113-136, 2019.

SHUKIE, Peter. Connectivism, Chaos and Chaoids: How Practitioners Might Find Inspiration from Chaos to Find New Spaces for Teaching and Learning. **Prism: Casting New Light on Learning, Theory and Practice**. v. 2, n. 2, p. 39-61, 2019.

SIEMENS, George. 2004. A learning theory for the digital age [en línea]. Disponível em <<http://www.elearnspace.org/Articles/connectivism.htm>>. Acesso 01 Out 2019.

STRONG, Kay E.; HUTCHINS, Holly M. Connectivism: a theory for learning in a world of growing complexity. **Impact: Journal of Applied Research in Workplace E-learning**. v. 1, n. 1, p. 53-67, 2010.

TURNER, John R.; BAKER, Rose M. Complexity Theory: An Overview with Potential Applications for the Social Sciences. **Systems**, v. 7, n. 4, 2019.

WARREN, Keith; FRANKLIN, Cynthia; STREETER, Calvin. New Directions in Systems Theory: Chaos and Complexity, **Social Work**, v. 43, n. 4, p. 357-372, 1998.

WILEY, David A.; EDWARDS, Erin K. Online self-organizing social systems: The decentralized future of online learning [online], 2002. Disponível em <<https://www.semanticscholar.org/paper/Online-Self-Organizing-Social-Systems%3A-The-Future-Wiley-Edwards/237d5ec51e66c097cdae2d436ca0b5c9f5ca4566>> Acesso: 30 dez 2019.

WOOD JR. Thomaz. Caos: a criação de uma nova ciência? As aplicações e implicações da Teoria do Caos na Administração de Empresas. **RAE - Revista de Administração de Empresas**, v. 33, n. 4, p. 94-105, 1993.

WULF, Volker. Evolving Cooperation when Introducing Groupware: A Self-Organization Perspective, **Cybernetics and Human Knowing**, v. 6, n. 2, p. 55-75, 1999.