



TEORIA DA COMPLEXIDADE E TEORIA DO CAOS - DEFINIÇÕES NECESSÁRIAS

COMPLEXITY THEORY AND CHAOS THEORY - NECESSARY DEFINITIONS

TEORÍA DE LA COMPLEJIDAD Y TEORÍA DEL CAOS - DEFINICIONES NECESARIAS

Adelcio Machado dos Santos¹

e432872

<https://doi.org/10.47820/recima21.v4i3.2872>

PUBLICADO: 03/2023

RESUMO

Ao se analisar a teoria da complexidade é fundamental distingui-la da teoria do caos. Esta última tem por base a noção de atrator que emerge no berço clássico da Física e do determinismo filosófico. De acordo com Bauer (1999), durante a Idade Média, as concepções de mundo predominantes excluíam a noção de mudança, sendo que as sociedades eram tidas como estáticas e invariantes do longo do tempo. A partir daí, o advento da mudança na sociedade, em termos econômicos, sociais, políticos, culturais, científicos e tecnológicos, demandou a construção de novas percepções de mundo que pudessem explicar a origem e as motivações dessas mudanças. Assim, a Física, por intermédio do desenvolvimento da termodinâmica, incluindo o desenvolvimento de outros conceitos de linguagem matemática, como espaço, trajetória, forças expressas por vetores, atratores estáticos e atratores periódicos, a mudança pôde ser descrita, mensurada modelada e, mais importante, prevista em termos de suas causas e efeitos.

PALAVRAS-CHAVE: Complexidade. Teoria do Caos. Definições.

ABSTRACT

When analyzing complexity theory, it is essential to distinguish it from chaos theory. The latter is based on the notion of attractor that emerges in the cradle of classical physics and philosophical determinism. According to Bauer (1999), during the Middle Ages, the prevailing conceptions of the world excluded the notion of change, and societies were considered to be static and invariant over time. From then on, the advent of change in society, in economic, social, political, cultural, scientific and technological terms, demanded the construction of new perceptions of the world that could explain the origin and motivations of these changes. Thus, Physics, through the development of thermodynamics, including the development of other concepts of mathematical language, such as space, trajectory, forces expressed by vectors, static attractors and periodic attractors, the change could be described, measured modeled and, more importantly, predicted in terms of its causes and effects.

KEYWORDS: Complexity. Chaos theory. Definitions.

RESUMEN

Al analizar la teoría de la complejidad, es esencial distinguirla de la teoría del caos. Este último se basa en la noción de atrator que emerge en la cuna clásica de la física y el determinismo filosófico. Según Bauer (1999), durante la Edad Media, las concepciones predominantes del mundo excluían la noción de cambio, y las sociedades se consideraban estáticas e invariantes a lo largo del tiempo. A partir de entonces, el advenimiento del cambio en la sociedad, en términos económicos, sociales, políticos, culturales, científicos y tecnológicos, exigió la construcción de nuevas percepciones del mundo que pudieran explicar el origen y las motivaciones de estos cambios. Así, la física, a través del desarrollo de la termodinámica, incluyendo el desarrollo de otros conceptos del lenguaje matemático, como el espacio, la trayectoria, las fuerzas expresadas por vectores, atratores estáticos y atratores periódicos, el cambio podría ser descrito, medido modelado y, lo más importante, predicho en términos de sus causas y efectos.

PALABRAS CLAVE: Complejidad. Teoría del caos. Definiciones.

¹ Doutor em Engenharia e Gestão do Conhecimento (UFSC). Pós-Doutor em Gestão do Conhecimento (UFSC). Docente, pesquisador e orientador nos Programas de Pós-Graduação "Stricto Sensu" em Desenvolvimento e Sociedade e em Educação da Uniarp - Universidade Alto do Vale do Rio do Peixe.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TEORIA DA COMPLEXIDADE E TEORIA DO CAOS - DEFINIÇÕES NECESSÁRIAS
Adelcio Machado dos Santos

INTRODUÇÃO

Os pesquisadores vêm tentando explicar ao longo dos séculos a criação do mundo, suas consequências e eventuais mudanças. O físico Isaac Newton, no século XIX, estudando causa e efeito, acreditava ser possível explicar situações e suas relações baseadas em algumas teorias simples, além de prever prováveis modificações em relação ao tempo (CARVALHO; NASCIMENTO 2019).

Estudos mostraram a existência de realidades entre o modelo do átomo (muito pequeno) trazido por Max Planck, em 1900, e o espaço intergaláctico (muito grande) apresentado na Teoria da Relatividade de Albert Einstein, em 1905. A ciência, como o mundo, está em constante transformação e seus espaços são infinitos (HOFFMANN; MAXIMO, 2019). Dessa forma, alguns cientistas estudaram a estruturação das organizações e das sociedades como máquinas, que funcionam precisamente e de forma pontual.

Teorias são criadas para explicar tais espaços/realidades e os movimentos constantes que alteram o mundo, a natureza, a sociedade e as organizações. Podem ser citadas a Teoria da Complexidade e a Teoria do Caos.

A Teoria da Complexidade busca explicar as coisas difíceis, incoerentes e incertas da sociedade em geral e das organizações, apesar da palavra ser usualmente utilizada de forma banal. O desafio dos cientistas é esclarecer a complexidade da vida social e aprofundar as discussões sobre os temas (CARVALHO, 2019).

Para Edgar Morin, em seu livro “Introdução à Teoria da Complexidade”, o autor infere que a complexidade possui bases conceituais. A sociedade é composta por sistemas sociais com inúmeras variáveis e graus de incertezas que sofrem interações. As relações se estabelecem em uma rede que se comunicam e se relacionam (RODRIGUES, 2022).

Já a Teoria do Caos, também conhecida como Efeito Borboleta de Edward Lorenz, nasceu entre equações da Matemática e da Física, inferindo que o mundo não é composto por sistemas aleatórios, que preveem as escalas de certos acontecimentos em um comportamento previsível através de equações e de constante controle – como o voo da borboleta. Reflete que as simples ações do homem e da natureza podem desencadear eventos drásticos, complexos e dinâmicos. (COQUI *et al.*, 2021).

O objetivo do artigo é refletir sobre a teoria da complexidade e a teoria do caos, vislumbrando o caminho nas organizações e na sociedade.

Este artigo apresenta um estudo qualitativo, de revisão de literatura, reflexivo, analisando artigos publicados entre 2019 e 2023.

TEORIA DA COMPLEXIDADE E DO CAOS

No mundo, existem inúmeros sistemas de funcionamento que se interconectam sem ou com a ação do homem. O homem entendeu que na simplicidade dos acontecimentos, de um dia em sua



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TEORIA DA COMPLEXIDADE E TEORIA DO CAOS - DEFINIÇÕES NECESSÁRIAS
Adelcio Machado dos Santos

vida, pode acontecer inúmeras incertezas e imprevisibilidades. Assim, as teorias são criadas para explicar tais eventos (LISBOA; SARAIVA, 2021).

A Teoria da Complexidade apresenta-se dinâmica, os acontecimentos mudam constantemente apresentando momentos de oscilações entre a ordem e o caos. É uma visão das ciências humanas, que se aproxima da realidade para compreensão das estruturas e complexidades das organizações e da sociedade rompendo com as teorias clássicas (CARNEIRO, 2019). O caos possibilita a auto renovação com a implantação de mudanças para o desenvolvimento de novas possibilidades e informações.

A teoria vislumbra a realidade como um espaço crítico, caótico, catastrófico e difuso, precisando ser visualizado de forma qualitativa (LIMA *et al.*, 2020). A realidade encontra-se em processo de construção e em um eterno fluir. A catástrofe é a própria crise que possibilita a ruptura e uma superação morfológica.

Cada ação realizada, relacionamentos e processos em andamento contribuem na visão de complexidade da sociedade e do mundo, portanto, as relações são mais importantes do que as estruturas (LIMA *et al.*, 2020). Um exemplo é uma empresa, composta por uma estrutura funcional, um corpo organizacional, um corpo de colaboradores e um corpo de consumidores. As equipes da empresa precisam estar engajadas em um processo constante de evolução, mediado pelo diálogo e pelo transitar nas estruturas organizacionais.

A concepção de ser membro de uma organização contribuem na qualidade no desenvolvimento do quesito produtividade, produção e avanço qualitativo dos processos organizacionais (OTTONICAR *et al.*, 2018). O mesmo ocorre nas sociedades quando cada membro se percebe elemento do meio, a cooperação e senso de comunidade e responsabilidade interconectam entre todos os envolvidos comunitariamente. Um exemplo é o roubo em uma escola, quando os indivíduos de uma comunidade se sentem “membro da escola” ou responsável pela educação das crianças da comunidade, os mesmos irão cuidar mais da escola e zelar pelo bem da educação local.

A Teoria da Complexidade contraria o reducionismo quantitativo, onde variáveis e fórmulas desvalorizam o elemento humano tratando-os como mero elemento organizacional ou numérico. (CARVALHO; FÁVERO, 2020). É preciso dar valor as partes humanas de uma organização ou sociedade, buscando ao final a entrega de valor aos clientes, em uma sociedade é a população e em uma empresa os clientes. A *fuzzy* perpassa as questões éticas integrando os valores essenciais para que os relacionamentos aconteçam entre os seus semelhantes. Assim, também é no mundo das organizações.

A evolução dos estudos na área da física (calor, temperatura, trabalho e energia) a partir do século XIX, impactaram as áreas da matemática, da química, da biologia, da economia e da própria física (SOUZA; SILVA, 2022). Os estudos preconizavam as relações em sistemas simples ou complexos, onde acontecem a ordem e a desordem, estabilidade e a instabilidade, a espontaneidade e o caos, a auto-organização e a organização, o cooperativo, a adaptação e a inovação, concluindo



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TEORIA DA COMPLEXIDADE E TEORIA DO CAOS - DEFINIÇÕES NECESSÁRIAS
Adelcio Machado dos Santos

que os sistemas agem em um ambiente de rede, ajustando seus comportamentos para a evolução dos sistemas.

De acordo, com Bauer (1999), ainda no século XIX, Henri Poincaré desafiou o determinismo, argumentando que todo o conhecimento acerca do estado inicial de um sistema se ladeia de incerteza e, portanto, insuficiente para prever de modo exato seu comportamento futuro. Os sistemas evoluem de formas desiguais, irregulares e complexos. Suas considerações, entretanto, não foram bem aceitas entre os demais cientistas da época.

Na Teoria do Caos se imagina pequenas alterações que ao longo dos eventos, que de forma controlada, produzem pequenas alterações (SADEGHIJAM *et al.*, 2021). O estudo de Edward Lorenz, na década de 60, sobre eventos meteorológicos (ventos e temperatura) e simulando em computadores trouxeram tais análises. O cientista verificou que a simples variação de 1 grau na temperatura na cidade de Massachusetts ou uma leve brisa na cidade de Nevada, podem causar em um mês, um furacão na Flórida. Foi esta a surpresa na constatação de Edward Lorenz.

As teorias servem para se prever, a partir de seus acontecimentos a suas evoluções, e que desvios radicais do evento podem acontecer. Tomemos como exemplo um terremoto na Turquia e Síria e suas consequências nos mares revoltos no extremo da América do Sul, a morte da rainha e a evolução social em uma colmeia de abelhas, enfim, uma nova visão de evolução e as modificações em seus padrões.

Para a compreensão da teoria, podem ser previstos três tipos de atratores (medidas invariantes de tempo) relevantes, quais sejam: atrator pontual, atrator do ciclo limitado e atrator caótico (MARINHO *et al.*, 2022). Conforme os autores, os atratores podem ser assim descritos:

- O *atrator pontual ou ciclo limite* pode ser explicado levando em consideração um pêndulo que vai parando em virtude do atrito com o ar. Quando ocorre o impulso inicial o pêndulo começa a balançar. O balanço vai se tornando mais e mais brando, até que o pêndulo para de balançar, formando um sistema periódico. As variáveis relevantes nesse caso compreendem a velocidade e a posição do pêndulo. Pode-se afirmar que o pêndulo é atraído para a origem, independentemente da força que é colocada no início. A origem situa-se onde o sistema que se encontra em equilíbrio.

- O *atrator ciclo pontual ou ponto fixo ou estável*, visto que, se perturbado, o sistema volta à origem. Ele possui dois atratores: o movimento para frente e para trás, que é um atrator periódico; e o movimento 0, isto é, quando o pêndulo está parado no ponto de origem. Daí decorre o termo atrator pontual, pelo fato de ser representado no espaço de fase por um ponto, formando um sistema periódico. O atrator do ciclo limitado pode ser explicado a partir da consideração de um local no qual inexistente atrito. Em tal situação, o pêndulo jamais pararia, sendo que esse atrator pode ser entendido como um sistema com periodicidade regular.

- O *atrator caótico ou estranho*, imagine-se a cada volta do pêndulo, alguém dê um “peteleco” na bolinha do pêndulo com forças diferentes, as órbitas formadas pela ação do pêndulo seriam diferentes. O “peteleco” se processa como uma força aleatória a cada volta, a velocidade e a posição do pêndulo serão diferentes a cada vez. O espaço de fase parece aleatório e caótico, mas limitado a um certo intervalo. Difícil explicar a atração do pêndulo nos sistemas.

RECIMA21 - Ciências Exatas e da Terra, Sociais, da Saúde, Humanas e Engenharia/Tecnologia



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TEORIA DA COMPLEXIDADE E TEORIA DO CAOS - DEFINIÇÕES NECESSÁRIAS
Adelcio Machado dos Santos

De acordo, com Bauer (1999), o mais relevante nessa forma de pensar diz respeito ao fato de que mesmo que as trajetórias possam variar, os efeitos dos fenômenos que elas descrevem podem sempre ser previstos, uma vez que são proporcionais as causas. Podem ser representados nas equações de Edward Lorenz ou Atrator de Lorenz, sob a forma de uma única variável x (atratores descritos como pontos), de coordenadas cartesianas x e y (atratores descritos como curvas numa superfície), ou de coordenadas x , y e z (como volumes num espaço). O sistema é apresentado através de um mapa caótico dinâmico, evoluindo em um padrão complexo.

Fórmulas de Edward Lorenz:

$$\begin{aligned} X_{n+1} &= X_n + a*(Y_n - X_n) \\ Y_{n+1} &= Y_n + X(b - Z_n) - Y_n \\ Z_{n+1} &= Z_n + c*(X_n * Y_n) - d*Z_n \end{aligned}$$

Essa é, na realidade, a essência do determinismo. Japiassú e Marcondes (1990, p. 68 *apud* BROGLIE, 1941) conceituam o determinismo do seguinte modo:

Princípio segundo o qual os fenômenos da natureza são regidos por leis, o determinismo é a condição de possibilidade ciência: "A definição do determinismo pela previsão rigorosa dos fenômenos parece à única que a física pode aceitar, por ser a única realmente verificável".

Em uma concepção mais ampla, o determinismo pode ser compreendido como uma concepção universal, segundo a qual todos os fenômenos estão ligados uns aos outros por meio das relações invariáveis ou leis, denominado teoria de sistemas dinâmicos.

Sob essa perspectiva, afirmam Japiassú e Marcondes (1996), o conhecimento do estado do Universo, num momento dado, e o conhecimento das leis da mecânica possibilita prever rigorosamente todos os estados futuros, pois não há nenhuma interdependência das séries causais.

Na década de 80, a Teoria do Caos previu a imprevisibilidade dos sistemas, ou seja, a presença do caos gera energia, não sendo possível prever sua direção e intensidades (KON, 2021). São sistemas complexos que existem em inúmeras áreas das ciências, não podem ser formulados matematicamente. Um exemplo é a torneira de água pingando, que não apresenta igualmente o mesmo número de gotas de água que caem e o volume de cada gota que caem da torneira, sendo impossível prever com precisão o volume de um vazamento.

Se tomarmos como exemplo, dentro de uma organização o comportamento organizacional diário. A organização é um sistema não-linear, ou seja, pequenos eventos (a ausência de um funcionário) podem desencadear grandes mudanças ou nenhum efeito nos eventos diários. Muitas vezes o olhar precisa ser realizado de fora da organização, a autonomia é sempre bem-vinda na organização fractal, onde colaboradores, propósito, valores, processos e conceito organizacional se interconectam.

Na atualidade, em consonância com a preleção da lavra de Gleiser (2002), a Teoria do Caos compreende a tentativa relativamente recente de entender fenômenos naturais e sociais que apresentam comportamento aleatório em sua aparência, mas que, ao serem analisados de forma



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TEORIA DA COMPLEXIDADE E TEORIA DO CAOS - DEFINIÇÕES NECESSÁRIAS
Adelcio Machado dos Santos

estatística são gerados por sistemas determinísticos. O movimento caótico da teoria apresenta finitude com uma capacidade de possibilidades infinitas, as inter-relações do sistema geram configurações do mesmo sistema denominado de ordem sem previsibilidade.

Morin *et al.*, (2003), ao criticar a Teoria do Caos determinístico, sustenta que uma das consequências reside na falsa ideia hoje em construção, a qual dispõe que é possível delimitar um campo de estudo, cuja finalidade seria evidenciar que a complexidade não passa de uma complicação transitória que será colocada em seu lugar, por intermédio de um algoritmo de alternância que se incumbirá de simplificar o problema e, desse modo, superar o sobressalto desestabilizador da complexidade.

Em outros termos, a complexidade seria algo como a expressão de uma incapacidade funcional, desconhecimento ou ignorância transitória do observador.

O pensamento complexo compreenda ordem através de um conceito mais rico do que o da lei do determinismo, pois, para além dela, inclui as ideias de construção, obrigatoriedade, estabilidade, constância, regularidade, repetição, estrutura e invariabilidade. A ordem (obrigatoriedade, constâncias, invariabilidade etc.) não é anônima, universal, geral, eterna e antinômica da singularidade, mas é uma ordem produtiva que tem uma origem condicionada e aleatória e depende de condições singulares e variáveis (MORIN *et al.*, 2003, p. 47).

Aos maiores impulsionadores do caos são os computadores, ferramentas que possibilitam os estudos dos sistemas matemáticas para o entendimento das organizações, das sociedades e do mundo.

CONSIDERAÇÕES

Destarte, a nova ordem procura romper com a ideia segundo a qual somente há ciência do geral. Ao se tornar complexa, a ideia de ordem se torna relativa.

A ordem não se constitui como algo absoluto, substancial, incondicional e eterno, mas relacional e relativo. Depende de suas condições de surgimento, existência e se reproduz de modo incessante: “toda ordem, cósmica, biológica etc., tem data de nascimento e, cedo ou tarde, terá data de falecimento” (MORIN *et al.*, 2003, p. 48).

Para a concepção determinística, a incerteza advinda de um fenômeno aleatório resulta da fraqueza dos meios e recursos cognoscitivos e da ignorância do espírito humano. Insuficiência, fraqueza e ignorância que impedem reconhecer o determinismo e a ordem imutável e dissimulador por acasos e desordens aparentes, cuja reparação possibilita acessar essa ordem oculta por uma desordem “aparente”.

Todavia, o problema é mais profundo, pois a complexidade compreende um fenômeno não simplificável e traduz uma incerteza que não pode erradicar no próprio seio da cientificidade.

Morin *et al.*, (2003) argumenta que a dimensão mais profunda e perturbadora da complexidade não reside em sua dimensão metafórica e sua faculdade de pensar o infinitamente grande, as circunstâncias e dinâmicas interativas.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TEORIA DA COMPLEXIDADE E TEORIA DO CAOS - DEFINIÇÕES NECESSÁRIAS
Adelcio Machado dos Santos

No entanto, é verdade que isso enriquece o conhecimento e, sob todos os pontos de vista é igualmente verdadeiro que inexiste algo de novo quando se leva em conta um ponto de vista filosófico.

O que se constitui como algo perturbador para os partidários do determinismo e para os cultuadores incondicionais da fossilização é a linguagem, remetendo-os a complexidade de um objeto qualquer, levando-os a uma região o devir não redutível a nenhuma lógica, qualquer que seja ela.

No juízo de Morin *et al.*, (2003), a complexidade afeta, sobretudo, os esquemas lógicos de reflexão e obriga a uma redefinição do papel da epistemologia.

Nesse sentido, deve-se falar de pensamento complexo tendo em vista sua diferenciação das teorias do caos determinista.

Deve-se falar de pensamento complexo, uma vez que se introduz uma epistemologia de segunda ordem ou do conhecimento. Uma epistemologia complexa cujo esforço se oriente, não tanto ao estudo dos sistemas observados, e sim às dinâmicas reflexivas.

REFERÊNCIAS

BAUER, R. **Gestão da mudança**. São Paulo: Editora Atlas, 1999.

CARNEIRO, M. O. **Reações oscilantes e a entropia**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Química) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2019.

CARVALHO, H. R.; NASCIMENTO, L. A. Copérnico e a Teoria Heliocêntrica: Contextualizando os Fatos, Apresentando as Controvérsias e Implicações para o Ensino de Ciências. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 27, p. 7-34, 2019. Disponível em: <https://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/362>. Acesso em: 19 fev. 2023.

CARVALHO, R. C. **A teoria da complexidade como referencial epistemológico na pesquisa em Política Educacional no Brasil: análise sobre o estado atual e seu potencial interpretativo para os estudos do campo**. 2019. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2019.

CARVALHO, R. C.; FÁVERO, A. A. A pesquisa em Política Educacional e a teoria da complexidade no Brasil (2014-2018). **Revista de Estudos Teóricos y Epistemológicos en Política Educativa**, v. 5, p. 1-20, 2020. Disponível em: <https://revistas.uepg.br/index.php/retepe/article/view/16733>. Acesso em: 19 fev. 2023.

COQUI, A. D.; COQUI NETO, B. E.; SANTOS, D. M. A. A. P. Teoria do caos e a não linearidade no contexto da pandemia diante da sensibilidade as ações humanas: uma reflexão sobre as mudanças educacionais. **Revista Amor Mundi**, v. 2, n. 3, p. 25-40, 2021. Disponível em: <https://journal.editorametrics.com.br/index.php/amormundi/article/view/87>. Acesso em: 19 fev. 2023.

GLEISER M. **O fim da terra e do céu: o apocalipse na ciência e na religião**. São Paulo: Companhia das Letras, 2002.

HOFFMANN, J.; MAXIMO, C. E. A Educação Popular em Saúde como dispositivo transformador das práticas de produção da saúde no município de Itajaí–SC. **Revista Pesquisas e Práticas Psicossociais**, v. 14, n. 1, p. 1-14, 2019.

<https://www.redalyc.org/journal/147/14762411002/14762411002.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2023.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

TEORIA DA COMPLEXIDADE E TEORIA DO CAOS - DEFINIÇÕES NECESSÁRIAS
 Adelfio Machado dos Santos

JAPIASSÚ, H.; MARCONDES, D. **Dicionário básico da filosofia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1996.

KON, A. Economia política das startups brasileiras: nova ordem em um cenário de turbulências. **Brazilian Journal of Political Economy**, v. 41, p. 611-632, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/rep/a/q5PW6p6Dc8kB3BS7TPP6pRR/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 19 fev. 2023.

LIMA, A. M. F. D.; SANTOS, J. A. S.; PÓVOA, L. G. S.; PINHO, M. J. Identidade docente: Da subjetividade à complexidade. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 33078-33092, 2020. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/10945>. Acesso em: 19 fev. 2023.

LISBOA, I. V. P.; SARAIVA, J. A. A crônica e a representação do fato: o acontecimento cotidiano como construção social. **Revista Desenredo**, v. 17, n. 2, p. 471-487. 2001. Disponível em: <http://seer.upf.br/index.php/rd/article/view/11336/114116035>. Acesso em: 19 fev. 2023.

MARINHO, L. L.; CAMPOS, J. G.; BRAGA, M. B. P.; ADÃO NETO, M. M. Caos em circuitos elétricos: uma abordagem inicial. **Revista do Professor de Física**, v. 6, n. 1, p. 46-68, 2022.

MORIN, E. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. Tradução: Catarina Eleonora F. da Silva e Jeanne Sawaya. 8. ed. São Paulo: Cortez, Brasília: UNESCO, 2003.

OTTONICAR, S. L. M.; NASCIMENTO, N. M.; BASSETTO, C. L. O comportamento informacional e a competência em informação: uma abordagem para geração de inovação em micro e pequenas empresas. **Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação**, v. 23, n. 52, p. 18-33, 2018. Disponível em:

RODRIGUES, D. Fundamentalismo, complexidade e inclusão. Contributos para uma educação inclusiva. **Revista Portuguesa de Investigação Educacional**, n. esp. p. 215-227, 2020.

SADEGHJAM, M.; MOOSSAVI, A.; AKBARI, M. O zumbido leva ao caos? **Braz. torhinolaryngol**, n. 87, v. 2, p. 125-126, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/ijb/ri/a/qzt8MxMYkzGHBfJHbbKfmvJ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 19 fev. 2023.

SANTOS, D. M. A. A. P. Teoria do caos e a não linearidade no contexto da pandemia diante da sensibilidade as ações humanas: uma reflexão sobre as mudanças educacionais. **Conexão Com Ciência**, v. 1, n. 3, e5336, 2021. Disponível em: <https://revistas.uece.br/index.php/conexaocomciencia/article/view/5336/4988>. Acesso em: 19 fev. 2023.

SOUZA, D. S. C.; SILVA, B. V. C. Uma UEPS para discussão de conteúdos metacientíficos da termodinâmica na educação básica. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 17, n. 3, p. 153-183, 2022. Disponível em: <https://fisica.ufmt.br/eenciois/index.php/eenci/article/view/1078>. Acesso em: 19 fev. 2023.