



O cérebro fractal para a teoria cognitiva comportamental

Tainam Guairê Rocha Silva¹

Como Citar:

SILVA, Tainam Guairê Rocha. O cérebro fractal para a teoria cognitiva comportamental. Revista Sociedade Científica, vol. 8, n. 1, p. 2189-2222, 2025. <https://doi.org/10.61411/rsc2025116118>

DOI: 10.61411/rsc2025116118

Área do conhecimento:

Ciências Humanas

Sub-área:

Psicologia

Palavras-chaves: Fractais; Sistema dinâmico complexo; Teoria cognitiva comportamental; Neurociência

Publicado: 10 de novembro de 2025

Resumo

O cérebro humano é um órgão complexo e dinâmico que processa informações de maneira integrada e especializada, dependendo das necessidades e do ambiente. Neste trabalho, buscamos compreender o papel dos fractais na análise do cérebro, comparando as abordagens da neurociência e da teoria cognitiva comportamental (TCC) da psicologia. Fractais são padrões geométricos que apresentam uma estrutura repetitiva em diferentes escalas e podem ser encontrados em vários fenômenos naturais e artificiais. Na neurociência se utiliza, o conceito, fractais para estudar a atividade cerebral como um sistema complexo, que se adapta constantemente às mudanças do ambiente, formando estruturas neurais que armazenam e fortalecem as informações relevantes. A TCC pode usar fractais para analisar os padrões de comportamento da fisiologia cerebral, considerando os diferentes tipos de comportamento, pensamentos e emoções como concorrentes ou cooperadores para a prevalência da dinâmica, comparando tal fenômeno como um sistema dinâmico complexo. Este artigo pretende apresentar uma visão integrada dos conceitos de fractais na neurociência, bem como suas implicações para a TCC. O artigo conclui que é possível criar uma plataforma para melhor relacionar a função cerebral com estudos cognitivos, ampliando ainda mais as perspectivas dos já utilizados Sistemas Dinâmicos Complexos para conectar cognição e comportamento.

The fractal brain for behavioral cognitive theory

Abstract

The human brain is a complex and dynamic organ that processes information in an integrated and specialized way, depending on needs and environment. This paper aims to understand the role of fractals in brain analysis by comparing the approaches of neuroscience and cognitive behavioral theory (CBT) in psychology. Fractals are geometric patterns that exhibit repetitive structures at different scales and can be found in various natural and artificial phenomena. In neuroscience, the concept of fractals is

¹Centro Universitário Arnaldo Horácio Ferreira, Luís Eduardo Magalhães, Brasil. Email: ✉



used to study brain activity as a complex system that constantly adapts to environmental changes, forming neural structures that store and reinforce relevant information. CBT can use fractals to analyze behavioral patterns in brain physiology, considering different types of behavior, thoughts, and emotions as competing or cooperating forces that influence dynamic prevalence, comparing such phenomena to complex dynamic systems. This article seeks to present an integrated view of fractal concepts in neuroscience and their implications for CBT. The article concludes that it is possible to create a platform to better connect brain function with cognitive studies, further expanding the perspectives already offered by Complex Dynamic Systems to bridge cognition and behavior.

Keywords: Fractals; Complex dynamic system; Cognitive behavioral theory; Neuroscience.

1. Introdução

Diversos fenômenos naturais podem ser interpretados usando petrechos que compõem Sistemas Dinâmicos Complexos (SDC) associados à teoria do caos, que é a área de estudo da matemática que abrange sistemas de alta sensibilidade inicial, compostos por múltiplas interações determinísticas [3].

Nos Sistemas Dinâmicos, os fractais são uma propriedade encontrada abundantemente em seus fenômenos, que exibem padrões que apresentam similaridade em diferentes dimensões de sua representação, em que uma parte se assemelha ao todo. Como teor consolidado na matemática e na física, no estudo de fenômenos naturais e, desde o último século, também é usado na interpretação de estruturas e processos cerebrais [8.]

A teoria cognitivo-comportamental (TCC) figura entre diferentes abordagens que competem pelo espaço das teorias da psicologia, tanto no torrão da psicologia aplicada quanto nas teorias da cognição. Entre as escolas conhecidas, pode-se inferir que a TCC é aquela com maior robustez nas respostas à aplicação de tratamentos



clínicos para transtornos mentais e com o maior conjunto de estudos objetivos na descrição de estruturas cognitivas [19.].

Como é próprio da defesa da pesquisa em psicologia cognitiva, seu diálogo frequente e construção mútua com as descobertas da neurociência [19.], é interessante a realização de mais trabalhos que explorem um trato entre a psicologia e os diálogos de estrutura e função não euclidiana do cérebro [27.], que podem ser encontrados em estudos realizados a contar de 1960, legando exemplo, no artigo dos autores Cabukovski, Rudolf & Mahmood [8.].

Com arrimo nas premissas listadas, este estudo visa sintetizar o estado da arte dos modelos de interpretação fractal do cérebro, sendo uma pesquisa exploratória e qualitativa. Para isso, foi realizada uma pesquisa das publicações mais substanciais sobre a natureza fractal de diferentes estruturas cognitivas, apesar da escassez de materiais que explorem o tema.

E, partir das referidas publicações, buscou-se o conhecimento dos autores na área pesquisada para instigar trabalhos futuros que visem a realizar trocas entre as áreas de interpretação matemática, em sistemas dinâmicos complexos, da anatomia e atividade do cérebro com a psicologia, em uma discussão entre a teoria cognitiva e comportamental mediada pela pesquisa realizada, de forma que possa trazer às psicólogas/os uma didática que favoreça a temática e permitam possíveis pontes de análise em futuros trabalhos.

2. Metodologia

Para este trabalho, foram selecionados 43 artigos, com um mínimo de 20 citações para artigos (na contagem do Google Scholar), exceto Xu *et al.* [42.], com 8 citações atuais, e 40 citações para livros coletados por meio da busca: “cérebro fractal - cognitivo -psicologia” no mecanismo de busca do Google Scholar; além dessa busca, a frase “cérebro fractal para psicologia” foi utilizada no mecanismo de busca do Semantic



Scholar. Em ambos os mecanismos de busca, também foram utilizadas as frases “Sistemas Dinâmicos Complexos e Cérebro” e “Psicologia de Sistemas Complexos”. A escolha dos artigos foi realizada para promover uma abordagem qualitativa entre o tópico e o presente trabalho, construindo uma base de referência sólida, interpretada pelo número de citações, e priorizando publicações mais recentes. O trabalho não envolveu terceiros nem outros aspectos de pesquisa de campo, sendo, portanto, uma pesquisa teórica qualitativa. Outros artigos foram selecionados para a guiar a interpretação dos argumentos dos artigos encontrados, também seguindo mesmos critérios de quantidade mínima de citações.

3. **Desenvolvimento e discussão**

3.1. Fractais e SDC na Neurociência: o fluxo do estado crítico: uma terceira via entre o processamento integrado e segregado no cérebro

Ao decorrer da exploração dos artigos, ficou claro a discussão de duas interpretações controversas do estudo do cérebro: a teoria do cérebro segregado, que se opõe à teoria integrada. Discernimentos que se apresentam como visões diferentes sobre a organização funcional das áreas anatômicas do sistema nervoso [10.].

A teoria segregada postula especialização em regiões isoladas para funções específicas, enquanto a teoria integrada destaca a colaboração e interconexão entre essas áreas. Ambas influenciam a compreensão da neurociência sobre como o cérebro processa informações [37.].

A pesquisa do cérebro segregado, que fornece uma anatomia explorada e definida em regiões associadas a funções específicas, é uma ideia muito antiga no campo acadêmico. Com o estudo desse órgão, em aspectos globais de funcionamento, como um fenômeno mais recente [37.].



Essas duas perspectivas antecederam qualquer estudo que envolve a análise do cérebro pela sua fractalidade, suas características fractais anatômicas e fisiológicas, presente. Numa progressão histórica, estes últimos estudos impulsionaram a perspectiva integralista [10.]. Neste se observou tanto de ambas as perspectivas entre os trabalhos coletados.

Com esta premissa, de acordo com a pesquisa realizada por Haimovici *et al.* [16.], a apreciação atual dos pulsos sinápticos, de todo o conglomerado neural, evidenciam que os padrões de auto-semelhança, ou fractais, e críticos, no ritmo dos disparos demonstram uma pulsão desta sincronia que se dá numa auto-semelhança destes disparos realizados por um aglomerado de regiões do cérebro, como uma entidade coesa, que, de microssegundos a segundos vai-se segregando em regiões separadas, até que várias regiões comecem a sincronizar novamente, compondo um movimento cíclico.

Portanto, a sincronização é a apresentação de padrões de auto-similaridade comuns ou que cooperam na atividade dessas regiões. Ao saber que a fractalidade das atividades do cérebro denuncia a complexidade destas atividades, entende-se que este ciclo mostra o fluxo de um processo que alterna entre integrado e segregado na dinâmica da computação do cérebro sobre um fenômeno. Há um revezamento entre o processo estar mais complexo numa grande área, em seguida mais complexo em áreas menores segregadas. Essas observações implicam numa terceira via dada entre a análise de um cérebro dividido em partes processuais e num todo integrado, pois demonstra um comportamento cíclico e gradiente entre ambos os estados [16.].

Em “Human cognition involves the dynamic integration of neural activity and neuromodulatory systems”, Shine *et al.* [37.] exploram, através de um estudo mais robusto em Imagem por Ressonância Magnética funcional (IRMf), o que esses pulsares de auto-semelhança significam. Para destrinchar as concepções do autor, é obrigatório entender que diferentes regiões do cérebro estão sempre apresentando múltiplas



frequências de disparo singulares ao mesmo tempo, e até um único neurônio pode estar disparando em diferentes frequências no mesmo período [43.].

3.2. Fractais e SDC na Neurociência: complexidade da dinâmica cináptica e diagnóstico de transtornos mentais

Lau *et al.* [26.] é direta em esclarecer que mais estudos são necessários nesta área, para o melhor levantamento de dados da população com transtorno, e principalmente a criação de estudos que comparem a complexidade de populações entre quadros diagnósticos, e incentiva a participação de neuropsicólogas/os e neurocientistas no desenvolvimento destes estudos. Abaixo se encontra conclusões retiradas da base de dados reunida pela autora:

Esquizofrenia: O resumo destaca pontos chave relacionados a estudos de complexidade em diversas condições psiquiátricas e neurológicas. Na esquizofrenia, as investigações revelam resultados contraditórios, com áreas frontais exibindo diminuição na complexidade do EEG, indicando processamento reduzido de informações. Sintomas positivos em pacientes recentemente diagnosticados podem estar associados a um aumento na complexidade, sugerindo atividade cerebral desorganizada.

Transtornos do humor: Nos transtornos de humor e ansiedade, a complexidade na depressão é geralmente menor, vinculada à regulação emocional mal adaptativa e ruminação negativa. No entanto, existem tendências conflitantes, com alguns estudos relatando aumento na complexidade na depressão, principalmente em componentes neurais associados às emoções. Os transtornos de ansiedade apresentam resultados inconsistentes, com diferentes complexidades observadas em condições diversas, como no caso de Transtorno de ansiedade generalizada (TAG) versus Transtorno de Estresse Pós-Traumático (TEPT).

Transtornos do neurodesenvolvimento e neurodegenerativos: o transtorno do espectro autista (TEA) e o transtorno do déficit de atenção e hiperatividade (TDAH), alusivos à redução na complexidade do EEG. Na doença de Alzheimer (DA), há



consistentemente menor complexidade, e a gravidade da doença se correlaciona com reduções na complexidade. As mudanças na complexidade no TDAH podem variar conforme as tarefas cognitivas e as regiões cerebrais.

Desenvolvimento por faixa etária: Ao longo da vida, a complexidade do EEG segue um padrão em forma de U invertido, aumentando na infância e adolescência, atingindo o pico na idade adulta e diminuindo na velhice. As reduções na complexidade na velhice podem estar relacionadas a deficiências na neurotransmissão e conectividade.

Estados de consciência: Na alçada da consciência, estágios de sono e estados anestesiados exibem menor complexidade, enquanto estados de vigília e o estado de Rapid Eye Movement (REM) do sono mostram maior complexidade. A redução na complexidade é observada em convulsões e distúrbios da consciência, enquanto estados induzidos por psicodélicos e a expansão da consciência geralmente se associam a maior complexidade.

3.3. Fractais e SDC na Neurociência: colaboração e competitividade nas dinâmicas sinápticas entre áreas do sistema nervoso fractalmente

Como foi visto, a sincronia do cérebro significa padrões cíclicos de disparo sináptico em escala invariável formando padrões fractais específicos. Com isso, também foi demonstrado que esses padrões dinâmicos se comportam como fluidos que transcorrem no córtex, no decorrer do tempo. Com esses dados, pode-se afirmar que dois princípios são capitais para entender a dinâmica de complexidade do sistema nervoso, sincronização e dessincronização.

Essa ideia já havia sido proposta por Rabinovich *et al.* [35.], que apresentam um modelo matemático baseado em osciladores não-lineares acoplados. Esse modelo permite analisar a colaboração e a competitividade entre diferentes grupos de neurônios, que podem representar diferentes funções cognitivas ou sensoriais.



Segundo os autores, em “Transient Cognitive Dynamics, Metastability, and Decision Making” [35.], os disparos sinápticos do cérebro podem ser descritos por três características principais: a irregularidade, a sincronização e a invariância de escala.

A irregularidade representa que os disparos dos neurônios individuais são imprevisíveis e aleatórios, mas seguem uma distribuição estatística bem definida. A sincronização remete-se da capacidade dos neurônios em alinhar seus disparos temporariamente, formando padrões rítmicos que refletem a atividade coletiva de uma rede neuronal. E a invariância nomina a independência dos padrões de disparos sinápticos ao local e tamanho da rede neuronal, ou seja, podem ser observados em sucessivos níveis de organização, desde pequenos grupos de neurônios até grandes áreas cerebrais [35.].

O modelo proposto por Rabinovich *et al.* [35.] considera que a atividade nervosa oscila em dinâmicas não-lineares, chamadas de estado de espaço, que podem variar sua frequência e sua fase em função das entradas sinápticas que recebem. Essas entradas podem ser excitatórias ou inibitórias, dependendo do tipo de neurotransmissor liberado pelos neurônios pré-sinápticos.

Assim, o modelo permite simular como os disparos sinápticos do cérebro se adaptam às mudanças ambientais e às demandas cognitivas. Uma das principais conclusões do modelo é que os disparos sinápticos do cérebro apresentam dois espaços de estados dinâmicos distintos principais: o estado asynchronous irregular (AI), e o espaço de estado synchronous irregular (SI). No espaço de estado AI, os neurônios disparam de forma irregular e dessincronizada, sem formar padrões rítmicos coletivos. No espaço de estado SI, os neurônios disparam de forma irregular e sincronizada, formando padrões rítmicos coletivos [35.].

Esses estados podem ser alternados por mecanismos internos ou externos ao cérebro, como a modulação neural, a estimulação sensorial ou a atenção seletiva. O espaço de estado AI é estado de baixa atividade neuronal, que permite ao cérebro



explorar diferentes possibilidades e manter uma alta flexibilidade cognitiva. O espaço de estados SI é estado de alta atividade neuronal, que permite ao cérebro selecionar uma das possibilidades e manter uma alta estabilidade cognitiva [35.].

Esses espaços de estados também representam, portanto, um equilíbrio entre a colaboração e a competitividade entre diferentes grupos de neurônios, que podem estar relacionados a diferentes funções cognitivas ou sensoriais [35.].

O modelo proposto por Rabinovich *et al.* [35.] oferece uma visão integrada da dinâmica complexa dos disparos sinápticos no cérebro, levando em exame aspectos estruturais e funcionais das redes neuronais., Utilizado em algoritmos, esse modelo também permite fazer previsões sobre o comportamento neuronal em diferentes condições experimentais ou patológicas.

As conceptualizações anteriores falam sobre a alternância na dinâmica dos espaços de estados cerebrais, sendo uma representação abstrata das mudanças e não exatamente uma representação do que efetua-se fisicamente. Isso foi até a existência do estudo realizado por Xu *et al.* [42.], que analisou o fluxo sináptico de cem adultos jovens e demonstrou os movimentos desses diferentes fluxos e a presença de espirais físicas, nesses fluxos, que se assemelham à dinâmica representada no trabalho de Rabinovich *et al.* [35.], que visa representar a mudança no estado do trabalho sináptico.

Também, conforme Xu *et al.* [42.], essas espirais, associadas a pontos atratores, são mais frequentemente encontradas nas fronteiras entre áreas especializadas, bem como entre dois giros do córtex motor. Isso se assemelha à descrição de Rabinovich *et al.* [35.], que em menor escala, a exemplo de algumas células nervosas, alguns neurônios podem competir pela propagação de sua dinâmica de disparo, cujo vencedor é aquele que atende melhor a demanda do momento das dinâmicas do sistema como um todo. Neste lance, a propagação de uma dinâmica, em confluência com a área demandada, pode se alastrar por regiões inteiras no cérebro e sobrevive à medida que também fazem sendo ao restante do ecossistema de dinâmicas no cérebro, já que todos



os padrões temporais devem tender a uma coesão para uma atividade cognitiva qualquer. E assim, como estes dois neurônios influenciam todo o sistema, este, por sua parte, também influencia as células nervosas individualmente em sua dinâmica de disparo [35.].

Hunt e Schooler [18.] contribuem ao tema por levantarem a influência da geometria do cérebro para seu funcionamento. O autor traduz os achados dizendo que as sincronias no cérebro podem ser comparadas a ressonâncias sensíveis ao formato geométrico do cérebro, tanto quanto o som do violão é influenciado pela espessura da corda ou o formato da caixa.

A partir do trabalho de Hunt e Schooler [18.], é possível inferir que o tamanho e o formato do cérebro podem interferir na inteligência. Entretanto, Pietschnig *et al.* [33.], dizem que o volume do cérebro está relacionado ao Quociente de Inteligência (QI), porém estes dois fatores não são proporcionais, sendo uma correlação positiva de 6% de variação no fator “g” tem o volume cerebral responsável, o que, quiçá, aponta para um maior peso na qualidade das conexões do que a quantidade de matéria celular em si. Ou seja, é possível que este fator esteja apenas relacionado à melhor qualidade das conexões.

Porém se for para especular a participação de 6% de influência, do volume do cérebro, para o QI [33.], e entendendo que se deve ao número de células, é possível inferir que as funções recursivas complexas se assemelham ao mecanismo do próprio cérebro de alterar sua dinâmica se adaptando aos fenômenos externos. Para exemplificar, pode-se imaginar que este plano cartesiano seja mostrado numa tela de celular, quanto maior a resolução da tela, mais complexo pode ser a representação do fractal que se forma. Na matemática, quanto mais repetições a função realizar, maior precisão haverá no cálculo final [29.].

Substituindo a resolução por células nervosas no cérebro, é possível imaginar como o número de células nervosas sozinhas pode contribuir para as dinâmicas, o que



leva a funções cognitivas mais sofisticadas. Também é importante destacar que os pontos de vista nesta última parte do artigo são especulativos, especialmente em relação a paralelos cognitivos, portanto, são apresentados como uma proposta de diálogo e orientação para pesquisas futuras, que é o objetivo deste trabalho [29.].

Já o trabalho de Jokić-Begić [19.], em “Terapia Cognitivo-Comportamental e Neurociência: Rumo a uma Integração Mais Próxima”, também compara o tratamento cognitivo-comportamental com as mudanças neurofisiológicas que ocorrem nos pacientes. O autor explica que a Terapia Cognitiva Comportamental (TCC) é arrimada na hipótese de que pensamentos, emoções e comportamentos estão inter-relacionados e que modificar um desses componentes pode levar a mudanças nos outros. O autor também afirma que a TCC utiliza técnicas específicas, como reestruturação cognitiva, exposição, relaxamento e resolução de problemas, para ajudar os pacientes enfrentarem seus problemas e reduzir seus sintomas, apresentando evidências de que a TCC não apenas produz mudanças psicológicas, mas também altera a estrutura e a função do cérebro.

Ao mesmo tempo, ele cita vários estudos que mostram que a TCC pode aumentar ou diminuir a atividade de certas regiões cerebrais envolvidas na regulação emocional, memória, atenção e tomada de decisões [19.]. Por exemplo, ele menciona que a TCC pode reduzir a atividade da amígdala, uma estrutura ligada ao medo e à ansiedade, e avultar a atividade do córtex pré-frontal, uma área responsável pelo controle executivo e racionalidade. O autor também destaca que a TCC pode induzir mudanças na plasticidade cerebral, ou seja, na capacidade do cérebro de se adaptar e se reorganizar em resposta à experiência [19.].

À luz de Jokić-Begić [19.], a TCC e a neurociência podem se complementar e enriquecer, pois oferecem diferentes níveis de análise dos fenômenos psicológicos. O autor alvitra que uma abordagem integrativa entre esses dois campos pode facultar o



desenvolvimento de modelos teóricos mais precisos e intervenções terapêuticas mais eficazes.

As declarações de Jokić-Begić [19.] surgem como uma das propostas já descritas neste trabalho, destacando que a ideia apoiada neste artigo é que a perspectiva dinâmica complexa constitui uma ponte importante entre áreas, bem como entre os diferentes tópicos abordados pelas mesmas áreas de estudo. Um ponto também defendido por Drigas, Karyotaki & Skianis [12.], que promovem diretamente o uso de Sistemas Dinâmicos Complexos para esse objetivo, apoiando a ideia de que características auto-similares, similares entre diferentes escalas fractalmente, vão desde as atividades mais simples do cérebro até os fenômenos mais complexos do comportamento humano.

3.4. Fractais e SDC na Psicologia: tópico similar na história da Psicologia

Freud & Chase [13.] introduziram a teoria, baseada na associação das dinâmicas psíquicas com sistemas dinâmicos complexos, ao comparar a psique com a termodinâmica e sua instabilidade, criando a psicodinâmica. Freud & Chase [13.] propuseram que a psique fosse composta por forças opostas, como o princípio do prazer e o princípio da realidade, que geram conflitos e tensões. Ele também sugeriu que a psique busca um equilíbrio entre essas forças, mas que esse equilíbrio é instável e sujeito a perturbações.

Freud & Chase [13.] cunhou laivos como energia psíquica, catexia, resistência e repressão para explicar a dinâmica da psique. É importante enfatizar, no entanto, que, apesar da contribuição teórica das ideias de Freud & Chase [13.] para a psicologia posterior, a técnica de análise psicanalítica não apresenta dados substanciais de relevância terapêutica, em relação à aplicação ortodoxa, para a prática clínica da psicologia como uma ciência contemporânea comprometida. No entanto, o mesmo não pode ser aludido sobre a psicoterapia breve, baseada na psicanálise, que tem mostrado resultados clínicos positivos [11.]. Seguindo a linha histórica, com asserção nos estudos coletados por Keijzer [24.], sabe-se que, no final do século XX, alguns behavioristas



retomaram o interesse na análise dinâmica complexa do comportamento, com esteio em prolongamentos da matéria de ecologia, que coloca o comportamento em um ambiente em constante mudança, no qual ele se adapta a diferentes escalas de observação ao mesmo tempo. Isso já representa um avanço em relação aos postulados gerais de Skinner [39.], que havia sugerido que o comportamento humano era regido por leis probabilísticas, ou seja, que havia uma certa aleatoriedade e imprevisibilidade no comportamento, mas que seguia uma perspectiva linear.

No mesmo período, a neurociência explorou a caracterização de padrões auto-similares nas ondas elétricas do cérebro, avançando nos circuitos sinápticos no tronco cerebral que já carregavam uma interpretação não linear no processamento motor dessas estruturas chamadas centros geradores de padrões, no caso dos circuitos neurais. Eles produzem padrões rítmicos em resposta a padrões rítmicos de outras regiões nervosas e se auto-organizam em sua atividade [34.].

Thelen & Smith [40.] foram um dos primeiros a usar Sistemas Dinâmicos Complexos (SDCs) para analisar o comportamento e a cognição simultaneamente na descrição do desenvolvimento humano. Eles argumentam que o campo da matemática que envolve tais sistemas dispõem as ferramentas para unir metodologicamente as perspectivas cognitiva e comportamental. No início do século XXI, a neurociência também se beneficiou da análise dinâmica complexa, descobrindo que o cérebro atinge o estado crítico em sua atividade, uma descoberta feita por meio de seus padrões fractais [31.]. Esse conhecimento histórico fundamenta o título deste trabalho, pois, em grande parte dele, as dinâmicas complexas são mencionadas como foco do tema. No entanto, é propriamente o desenvolvimento de técnicas para analisar parâmetros fractais na atividade nervosa, por meio de equipamentos melhores, que continua a possibilitar estudos das dinâmicas complexas típicas do cérebro humano, trazendo novas perspectivas para pensar a cognição por meio da neurociência.



O artigo de Cabrera, Jiménez & Covarrubias [7.] propõe uma mudança de paradigma na ciência comportamental, com base na abordagem ecológica de Gibson [14.] e no modelo de sistemas comportamentais de Timberlake [41.]. Os autores argumentam que abordagens tradicionais, como o condicionamento operante e clássico, não levam em consideração as características ecológicas e evolutivas dos organismos e seus comportamentos. Eles sugerem que os comportamentos devem ser entendidos como sistemas hierárquicos, organizados de acordo com atividades relacionadas ao nicho dos organismos [7.].

O modelo consuetudinário de resposta ao aprendizado baseia-se na ideia de que os comportamentos são controlados por suas consequências, sejam elas reforçadoras ou punitivas. Essa abordagem enfatiza a relação entre o estímulo, a resposta e a consequência, ignorando os fatores motivacionais, emocionais e cognitivos que influenciam o comportamento [41.]. Além disso, o modelo tradicional assume que os comportamentos são independentes entre si e podem ser modificados isoladamente por contingências ambientais [7.].

O traslado de sistemas comportamentais, por outro lado, baseia-se na ideia de que os comportamentos estão integrados em sistemas funcionais e adaptados às demandas do nicho ecológico dos organismos. Essa abordagem enfatiza a relação entre o organismo, o ambiente e o comportamento, considerando os fatores motivacionais, emocionais e cognitivos que modulam o comportamento [7.]. Além disso, o modelo de sistemas comportamentais assume que os comportamentos são interdependentes e podem ser modificados conjuntamente por procedimentos experimentais que respeitam as propriedades dos sistemas [7.].

A comparação entre o modelo tradicional de resposta ao aprendizado e o traslado de sistemas comportamentais revela que o primeiro é limitado e reducionista, enquanto o segundo é abrangente e ecológico. O modelo consuetudinário não consegue explicar a complexidade e diversidade dos comportamentos dos organismos, nem



capturar as relações dinâmicas entre os organismos e seus ambientes. O modelo de sistemas comportamentais, pode explicar a complexidade e diversidade dos comportamentos dos organismos e capturar as relações dinâmicas entre eles e seus ambientes, por meio de um prisma sistêmico e ecológico [7.].

Baum [2.], sobrevém alinhado a ideias anteriores, apresenta sua perspectiva sobre uma teoria evolutiva mais moderna que incorpora os petrechos da teoria do caos. Assim, sua perspectiva considera que o comportamento é um fenômeno complexo, adaptativo e não linear, sensível às condições iniciais. O autor define 3 (três) leis principais em sua teoria: alocação, indução e covariância, que são princípios reguladores do comportamento em um enquadramento ecológico, levando em crédito as interações entre os organismos e seus ambientes. Cada organismo baseia seu comportamento na indução do ambiente, em suas características filogenéticas e ontogenéticas, que, por si só, são processos mutáveis em diferentes escalas de tempo.

A Lei de alocação afirma que o tempo é alocado para uma atividade proporcional ao seu valor relativo. A Lei de indução afirma que o valor relativo de uma atividade aumenta quando precede outra atividade de menor valor e diminui quando precede outra atividade de maior valor. E a Lei de covariância: afirma que o valor relativo de uma atividade aumenta quando ocorre em conjunto com outra atividade de maior valor, e diminui quando ocorre em conjunto com outra atividade de menor valor Baum [2.].

As leis explicam a disputa entre diferentes comportamentos de um organismo por tempo, ou seja, com qual frequência é executada, sendo que a pontuação é dada na medida da importância do comportamento, de acordo com os aspectos ontogenéticos, como defesa, alimentação, autopreservação, predação, entre outros componentes particulares da ontogênese de um organismo para o fim filogenético de reprodução [2.].

Neste sentido Baum [2.] prefere adotar algum mapeamento da espécie para a análise do comportamento, a fim de que a mesma se torne mais dinâmica e evite a



necessidade de classificação de comportamentos para funções mais sofisticadas como o comportamento social humano e os operantes verbais, que, segundo o autor, levaram Skinner [39.] a desenvolver classes de comportamento social ambíguas e de baixa praticidade. Essas leis podem ser comparadas à linguagem de Skinner [39.], que se baseia nos petrechos de reforço, extinção, discriminação e generalização.

A lei de indução corresponde ao fenômeno de contraste, que ocorre quando a mudança na magnitude, frequência, de reforço duma opção, entre as alternativas de ação de um sujeito, afeta a taxa de resposta a outra alternativa. A lei de covariância corresponde ao fenômeno de condicionamento de ordem superior, que ocorre quando um estímulo neutro adquire propriedades reforçadoras ou aversivas por estar associado a um estímulo condicionado [2.]. As distinções entre as leis de Baum [2.] e a linguagem de Skinner [39.] residem no nível de análise e no escopo dos fenômenos explicados. As leis de Baum [2.] se aplicam em um nível mais macroscópico, considerando o comportamento como um todo, não apenas respostas discretas. Além disso, Baum [2.] propõe delinear com suas leis uma variedade irrestrita de fenômenos comportamentais, incluindo efeitos de longo prazo, mudanças qualitativas e interações entre diferentes níveis de organização.

O discernimento de que os comportamentos são autossimilares ao curso do tempo significa que eles apresentam uma estrutura fractal, ou seja, que eles se repetem em diferentes escalas de tempo, mantendo as mesmas propriedades. Por exemplo, um comportamento que varia periodicamente em um intervalo de tempo curto, também varia periodicamente em um intervalo de tempo longo, com a mesma frequência relativa. Esse conceito implica que o comportamento é organizado por regras simples, que geram padrões complexos e previsíveis [2.].

Keijzer [24.] previamente argumenta que as ideias envolvendo sistemas dinâmicos complexos propõem que o comportamento é um fenômeno emergente, que resulta da interação entre o organismo, o ambiente e o histórico comportamental. O



autor reconhece que o comportamento é influenciado por fatores internos, que podem ser modelados como variáveis de estado, que mudam ao longo do tempo em função das condições ambientais e do feedback comportamental.

Com base nessa ideia, modelos matemáticos avançados e não lineares são usados para descrever a dinâmica complexa e imprevisível dos sistemas comportamentais, e admite-se que o comportamento possa ter um papel cognitivo, sendo adaptativo, criativo e inteligente [24.].

O autor reitera que a psicologia se beneficiaria do desenvolvimento dessa ciência comportamental, mas não apenas como uma metodologia comportamental em, na tese de que essas teorias oferecem uma interface para discussão com questões de ordem cognitiva ou abstrações na observação macro do comportamento [24.]. Com isso, uma maneira simples e eficiente de usar os Sistemas Dinâmicos Complexos (SDCs) para realizar uma análise comportamental e, ao mesmo tempo, permitir a interação de conceitos cognitivos é demonstrada e testada por Granic & Patterson [15.]. Neste trabalho, os autores utilizam SDCs para analisar o comportamento antissocial. Eles descrevem tipos de comportamento como atratores em um gráfico e acompanham a mudança de comportamento ao defluir do tempo, representada pela mudança de atratores. Eles examinam quais atratores (ou tipos de comportamento) são mais influentes, que levam a outros e quais operações emocionais e cognitivas estão mais envolvidas na interação intersocial. O estudo de Granic & Patterson [15.] conclui que a resistência a uma categoria de comportamento é símil ao tempo médio de presença do comportamento dividido pelo número de interações entre outros comportamentos, o que pode reforçar as propostas de Baum [2.].

3.5. Fractais e SDC na Psicologia: novas formas de analisar dados comportamentais

Richardson, Dale & Marsh [36.] compilam numa publicação os temas sistemas complexos e ferramentas matemáticas para uso em pesquisas comportamentais e



neuroológicas. Onde explicam que, além da análise de fractalidade ou relacionada a ela, o estudo de múltiplos dados comportamentais (externos, fisiológicos ou sociais) é realizado para pesquisas que geralmente envolvem os seguintes componentes:

Componente principal, que é um elemento ou componente do sistema que tem uma influência significativa sobre o seu comportamento. Os componentes principais podem ser identificados por meio de análises espectrais-cruzadas, que consistem em comparar as frequências ou potências dos componentes principais com as frequências ou potências dos componentes secundários ou terciários do sistema. Os componentes principais tendem a ter potências mais altas do que os demais, indicando uma maior relevância para o sistema [36.].

Análise de recorrência, consiste em medir a frequência ou probabilidade com que um componente principal aparece em um determinado período. A análise de recorrência pode revelar padrões, tendências, ciclos ou sazonalidades no comportamento do sistema. A análise de recorrência também é utilizável para detectar mudanças ou transições no comportamento do sistema, por exemplo, quando um componente principal entra ou sai do sistema [36.].

Análise de recorrência cruzada, que consiste em comparar as frequências ou probabilidades dos componentes principais entre diferentes períodos. A análise de recorrência cruzada pode revelar variações, flutuações ou oscilações no comportamento do sistema ao longo do tempo. A análise de recorrência cruzada também pode ser usada para identificar padrões temporais no comportamento do sistema, como por exemplo, quando um componente principal se repete ou se diferencia em diferentes momentos [36.].

3.6. Fractais e SDC na Psicologia: fractalidade da dinâmica sináptica e hipóteses sobre a cognição

A esta altura já é correto alegar que o estudo de SDCs possui uma natureza fractal, a partir da qual se pode correlacionar a atividade de diferentes camadas de



observação no ser humano, permanecendo no campo exploratório a utilidade desta noção para a psicologia. No intento de contemplar este potencial teórico, este subtópico envolve achados que vão da perspectiva da pesquisa segregada, comportamental e cognitiva para realizar inferências da temática dinâmica no cérebro complexa na Teoria cognitiva comportamental [36.].

Para essa revisão, o Nobel de Burgess [5.] é um bom ponto de partida como novo dado do comportamento especializado, tendo a região do hipocampo como capaz de armazenar memórias de trabalho e de longo prazo através de uma representação espacial, que consiste em associar eventos, objetos e conteúdos a locais específicos. Essa representação é construída pelas células de lugar, que são ativadas quando o indivíduo está em determinada posição no ambiente, e pelas células de grade, que geram um sistema de coordenadas que permite o cálculo da distância e da direção.

O autor propõe que o hipocampo use essas células para codificar as memórias de trabalho como trajetórias no espaço, e as memórias de longo prazo como conjuntos de lugares associados a conteúdos semânticos. Assim, o hipocampo pode recuperar as memórias de trabalho por meio de um processo de reativação das células de lugar e de grade que foram ativadas durante o percurso, e as memórias de longo prazo por meio de um processo de recuperação baseado em pistas espaciais ou contextuais [5.].

Burgess [5.] alvitra que esse mecanismo espacial de memória é fundamental para o aprendizado e a criatividade, pois permite a integração e a recombinação de informações de diferentes domínios. Portanto, assumindo a apreciação do autor, o hipocampo estabelece uma nova trajetória conceitual quando um novo conceito, introduzido à percepção, se correlaciona com as diversas pré-estruturas no córtex, resultando em uma conexão em um loop tridimensional que constitui um novo conhecimento. Que se torna um fundamento para se entender a inferência lógica da cognição de uma perspectiva neurológica.



O hipocampo opera com base em expectativa e projeção tridimensional com base em conceitos previamente estabelecidos. Esse processo é fundamental para a formação de esquemas na Terapia Cognitivo-Comportamental (TCC). Essas estruturas cognitivas essenciais organizam experiências passadas e auxiliam na compreensão de experiências futuras [25.]. Elas podem ser adaptativas e úteis, permitindo respostas rápidas as situações com base em experiências anteriores. No entanto, quando os esquemas se tornam rígidos ou são baseados em informações imprecisas, podem resultar em interpretações mal adaptadas à realidade.

Essa perspectiva é reforçada pelo artigo de Dalton, D'Souza & Calamante [10.], que investiga o número de conexões intercelulares, sustentando que a quantidade de conexões do hipocampo diretamente para o córtex visual excede o número de conexões diretas para o córtex pré-frontal. O hipocampo também realiza um elo entre o córtex visual com muitas áreas correlacionadas à tomada de decisão que não estão presentes no córtex pré-frontal.

Esta é uma relação inversa da observada em primatas, que possuem uma maior conexão relativa do hipocampo com o córtex pré-frontal. O que implica, a representação tridimensional da realidade no julgamento, tomada de decisão e na formulação de conceitos [10.].

Pode-se assim estabelecer conexão entre estes aparatos nervosos para a cognição no cérebro humano e a importância da psicoeducação do pensamento como conceito que apresentam vantagens da TCC em relação às intervenções puramente comportamentais [25.]. A psicoeducação é um processo educativo que informa o indivíduo sobre a sua condição e como a arrostar. Em outros termos, se encontra o elo entre a fisiologia do cérebro a importância da/o psicóloga/o na introdução da modelagem comportamental junto ao trabalho de construção de uma perspectiva diferente e uma nova conceituação cognitiva com o/a paciente.



Essa nova conceitualização cognitiva pode fazer paralelos com a maior formação sináptica proporcionada pela participação de mais áreas corticais que fecham que auxiliem no vetor de estado dinâmico, no linguajar de Rabinovich *et al.* [35.], da nova atividade nervosa que leva à mudança de comportamento e é ao mesmo tempo a própria mudança. Isso envolve um maior número de áreas comprometidas em modificar a dinâmica sináptica, que, em decorrência do tempo, se tornarão cada vez mais parte da estrutura física do córtex [12.].

Portanto, a psicoeducação da TCC, neste caso, não apenas facilita a compreensão da condição do indivíduo e fortalecem o relacionamento terapeuta-cliente [25.], mas também contribuem para a eficácia da terapia, promovendo a modificação da dinâmica sináptica e a formação de sinapses [12.]. Essa premissa compete ou converge ao pressuposto que a TCC utiliza melhor a projeção tridimensional no planejamento cognitivo do comportamento o que auxiliaria em sua modulação [5.].

Dalton, D'Souza & Calamante [10.] também mencionam as alteridades encontradas nas conexões na superfície do córtex, acentuando que as últimas camadas celulares mais superficiais contribuem mais para as multiplicidades cognitivas saudáveis na população, pois estas se modificam mais durante o aprendizado. Isso implica que, quanto mais próximo do último nível modular, mais as experiências influenciam as conexões encontradas, posição defendida anteriormente por Meunier, Lambiotte & Bullmore [32.]. Isso corrobora a ideia de Lebedev *et al.* [27.] e Singer [38.], segundo os quais cada cérebro, à sua maneira, desenvolve estruturas que melhor correspondem a uma projeção do mundo com base em experiências vividas [32.].

A partir desse ponto, é importante destacar que a mesma rede neural é responsável pela memória de diferentes estados dinâmicos [38.]. Portanto, quando o cérebro desenvolve uma estrutura que reconhece um padrão com base na percepção, essa região compete com as outras pela hegemonia de seu padrão sináptico [12.]. Essa



fisiologia seria, portanto, o cerne da aprendizagem, assim como pelas distorções cognitivas encontradas na Terapia Cognitivo-Comportamental (TCC).

Distorções cognitivas, um conceito central na Terapia Cognitivo-Comportamental (TCC), são padrões automáticos e tendenciosos de pensamento que levam a percepções imprecisas ou irracionais da realidade. Elas podem surgir de esquemas cognitivos disfuncionais e levar a emoções negativas, comportamentos mal-adaptativos e problemas de saúde mental [25.].

Exemplos comuns de distorções cognitivas incluem o pensamento de “tudo ou nada”: ver as coisas em termos absolutos, como “sempre”, “nunca”, “tudo” ou “nada”; “visão de túnel”: focar apenas em um aspecto de uma situação e ignorar o restante; e “personalização: atribuir a culpa por eventos externos a si mesmo sem evidências suficientes [25.].

As dinâmicas neurais descritas anteriormente não apenas possibilitam a aprendizagem, mas também podem levar ao desenvolvimento de distorções cognitivas se os padrões sinápticos se tornarem disfuncionais ou enviesados, quando uma dinâmica de reforço se desloca demasiadamente das habilidades pertinentes para acarar outros ambientes internos e externos [25.]. Assim como a visão de túnel, uma área não sabe que seu padrão de resposta é disfuncional; ela simplesmente responde rapidamente em reação a algum gatilho, influenciando instantaneamente o funcionamento de todas as regiões neurais.

Mansell & Marken [30.] expressam que a psicologia cognitiva dá demasiada ênfase da capacidade do indivíduo prever eventos conscientemente, e enfatiza, que a percepção avalia os feedbacks sensoriais em loop, visando atualizar a resposta cognitiva a um objetivo (recompensa), mas que este mesmo loop é perpetuado como um eco, no qual as variáveis do fenômeno captadas pela percepção, são mutáveis e emulam o futuro do fenômeno, um conceito mais próximo às ideias de Singer [38.].



Convergingo este conceito ao fluxo sináptico ou espaço de estado sináptico (EES), se entende que um estado qualquer da dinâmica sináptica adaptada a corresponder à situação de um objeto em movimento, como rebater uma bola, é autora da própria expectativa de que um objeto em movimento permanecerá em movimento, sendo possível o treino de um rebatedor [27.].

Neste mesmo tópico, entram-se a ocorrência de Oscilações Hamiltonianas, neste contexto, uma sob quantidade de disparos sinápticos, que ocorrem quando o cérebro se vê frente a um desafio, essas oscilações nos fluxos dinâmicos entre estados de espaços sinápticos representam a tentativa do cérebro de gerar um fluxo sináptico que se adapte à linha de raciocínio necessária [6.]. Assim a complexidade do EES aumenta com a complexidade da tarefa [22.].

E quando a ação versa-se sobre uma resposta automática e/ou pensamentos automáticos ocorrem pela reação de EESs padrões, que têm maior presença na memória estrutural do sistema nervoso e influenciam automaticamente a atividade de todas as faculdades [6.]. E as crenças intermediárias, por seu lado, são projeções mentais que consideram os construtos imaginários nas próprias dinâmicas influenciadas por estruturas nervosas sólidas que tratam, virtualmente, da memória em seus componentes sensoriais, emocionais e esquemáticos [1.].

Na teoria cognitiva comportamental da psicologia, essas crenças intermediárias funcionam como uma ponte entre nossas crenças fundamentais e os pensamentos automáticos, sendo formadas no decurso do tempo através de nossas experiências e interpretações dessas experiências, porém diante dos paralelos à neurociência, as crenças centrais são melhor comparáveis à classificação de EESs parecidos [25.].

3.7. Fractais e SDC na Psicologia: diferenças entre a Psicanálise associada a Neurociência diante do tópico

Pode-se traçar paralelos entre as entidades psíquicas argumentadas por Freud & Chase [13.] e a neurociência atual, como aponta Lima [28.]. Em que Id (desejos),



apontado como expoente da atividade insular e superego (se comparar a uma figura ideal) expoente da atividade moral. Que diante dos dados colocados pode estar equivocada. Pois sendo moral ou um "eu ideal", uma abstração, torna-se uma atividade depende muito do processamento específico da rede hipocampal, occipital temporal de acordo com Kanton *et al.* [23.] e Burgess [5.]. Sendo o córtex pré-frontal mais atribuível à preocupação, restringindo vários comportamentos, inclusive a perda de foco numa atividade em encadeamento ao engajamento em outra atividade.

Outro conceito importante, a tríade ego, superego e id, que trata sobre a suposição de que a psique possui divisões e regras para a inibição e execução de comportamentos [13.]. Essa atividade tem sido majoritariamente associada pela competição entre amígdala e o córtex pré-frontal, como sustenta Lima [28.]. Porém, diante dos achados dos estudos pontuados, há de se considerar que este fenômeno, pode ser, em parte, atribuído à própria dinâmica competitiva das regiões do cérebro, fractalmente, pois cada célula nervosa, tenta promover sua atividade, assim como inibir a atividade de outras células nervosas que não a promovem, o que ocorre sistematicamente entre as regiões [27.]. Noutras palavras, cada comportamento, moral ou moral fruto do SDC que é esta disputa e cooperação de cada célula do sistema nervoso, caracterizando o papel do Ego, sendo, intuitivamente, apenas uma fração da sua atividade presente na consciência [9.].

E é perspicaz considerar que na teoria de Freud & Chase [13.] coloca o id como uma entidade origem das pulsões primitivas que dão tração às atividades psíquicas, o que, anatomicamente e fisiologicamente não faz sentido, considerando que para Lima [28.], a amígdala seria o id, quando é conhecimento comum que o sistema dopaminérgico pré-frontal possui papel fundamental no esforço que as pessoas estão dispostas a fazer pela recompensa de um comportamento, de acordo com as linhas de pesquisa reconhecidas por Kanton *et al.* [23.].



Junto a isto, ao estabelecer que o cérebro sempre mantém sua tendência ao estado crítico, e as atividades apenas se alteram dinamicamente, tendo cada estrutura do cérebro a capacidade de ser auto reforçadora [12.].

Em relação a natureza das pulsões teorizadas por Freud & Chase [13.], que as teses de SDC não abarcam, a existência de pessoas assexuais continua impondo desafio aos conceitos freudianos, assexuais são pessoas em igual disposição para encarar a realidade, e definir metas, como quaisquer outras pessoas, não existindo qualquer evidência de ausência de desejo sexual sendo associada com languidez, como sustenta Bogaert [4.], que se poderia intuir extrapolando as ideias de Freud & Chase [13.]. Portanto, é correto dizer que a existência de uma categoria específica de EES pode ser possibilitada por uma estrutura presente na ínsula ou tronco encefálico, porém, não são estruturas específicas que impulsionam ou deixam de impulsionar o fluxo sináptico. Em outras palavras, o cérebro não depende de uma rede como vetor ou provocação de impulsos sinápticos sistêmicos, aspecto que deve ser considerado na teorização da iniciativa humana para realizar atividades junto à noção de que o córtex pré-frontal tem, ao menos, papel regulatório no que pode ser chamado de esforço [23.].

Essa comparação é mais significativa para se pensar a natureza dinâmica do cérebro humano entre diferentes teorias, que vão além de comparação segregada como a de Lima [28.]. Que agora podem ser comparadas a argumentação de como a dinâmica psíquica propostas por Freud & Chase [13.] divergem da SDC presente no entendimento da neurociência atual através das assinaturas fractais da atividade sináptica [27.].

Kanton *et al.* [23.], também demonstram como equivocada a argumentação de que a ínsula e o tronco encefálico são partes primitivas sistema nervoso, pois estas áreas possuem circuitarias e uma diversificação de células nervosas muito diferente da presente em primatas, divergindo tanto quanto córtex humano destas espécies, isto faz sentido, pois estas partes do sistema nervoso estiveram expostas a mais tempo à seleção



natural, e segundo Hines [17.] se mostram responsáveis por atividades muito complexas, desde atividade motora, regulação de humor, até identidade de gênero.

3.8. Fractais e SDC na Psicologia: especulações na percepção temporal, aprendizado e consciência diante dos achados

Drigas, Karyotaki & Skianis [12.] argumentam que a atividade neural que gera a consciência é muito dependente da atividade circular que atua na percepção do presente, ou seja, um ciclo do que é percebido. Isso está alinhado com a tese de Kahana [20.]. Para os autores, a percepção do tempo está relacionada ao grau de complexidade dos sinais cerebrais, que podem ser quantificados usando ferramentas matemáticas como a dimensão fractal e a entropia. Quanto mais informações são processadas conscientemente, mais complexos os sinais cerebrais se tornam, e mais longo parece o período.

Assim, os autores alvitram que há uma associação entre a percepção do tempo e os valores dessas medidas de complexidade. Em covizinhança descritiva, Kahneman [21.] avança duas experiências comuns do “eu” passado e presente, nas quais a atividade de avaliar a si mesmo no tempo, no passado, de maneira atemporal, captura a consciência experiencial, formando, metaforicamente, dois “eus”: o experiencial, que está no presente, e o atemporal.

Em uma conjuntura integralista, a capacidade de direcionar a atenção na confluência do tempo, sugerida por Kahneman [21.], se encaixa nos processos propostos por Kahana [20.]. Outras conclusões de Kahneman [21.] estão diretamente associadas à consciência derivada do refluxo de processos decorrentes do estímulo.

Experiências que atraem mais atenção são mais fixadas na memória, seja por meio de aprendizado ou lembranças do evento, enquanto aquelas que capturam menos atenção requerem menos processos cognitivos e geralmente desaparecem da memória. Isso cria uma ordem inversamente proporcional à intensidade da percepção do tempo e à quantidade de memórias [20.].



Esse fenômeno implica que uma pessoa, consciente da sensação de passagem de tempo imediato, tenderá a não lembrar dessa situação, o que também não influenciará muito outros processos mentais, pois não está em atenção capturada por sucedido memoroso [21.].

Callegaro [9.] fala sobre a consciência, mostrando que até insights podem estar fora da consciência de um evento, pois as pessoas podem fazer inferências e mudar seu comportamento sem estar cientes desse evento durante uma atividade. Com essa consideração, uma interface entre a consciência e as faculdades mentais é construída, colocando a cognição como um olhar de intensidade gradiente em direção a algum fenômeno ou fenômenos cognitivos.

Portanto, a consciência pode ser definida como um processo que percorre um plano no qual diferentes faculdades mentais, pensamentos, emoções, sensações corporais, desejos, entre outros, que evocam o passado ou o presente, podem ou não estar correlacionados em uma atividade. A estruturação de seus processos de interação é dinâmica e fluida, e essas dinâmicas, por si mesmas, se tornam atratores para a consciência [30.].

4. **Considerações finais**

Fractais já são utilizados na neurociência bem como seus estudos já participam da construção de novas teorias cognitivas e comportamentais na psicologia. Fractais derivam da análise da atividade cerebral como um fenômeno dinâmico complexo, atribuído às características formidáveis do funcionamento do cérebro que tendem à sincronia das descargas sinápticas para um estado crítico, reforçando a existência de um processamento cerebral integrado, que opera de maneira a maximizar a adaptação dos fluxos sinápticos para formar estruturas neurais que armazenam e fortalecem dinâmicas que melhor respondem às necessidades ontogênicas relacionadas ao ambiente.

Tal visão funcional do cérebro humano, que discorre-se, em boa parte, da computação do próprio cérebro como fenômeno, traz paralelos com a TCC, atual e



demais conceitos cognitivos, apresentando novos caminhos exploratórios na participação das diferentes dinâmicas de estado de espaço nas atividades sinápticas em relação ao comportamento, cognição e demais aspectos da fisiologia do cérebro abrindo um novo caminho de correlações destes aspectos na análise do ser humano. Portanto, de tal campo dos SDC, emerge novos insights sobre a observação das vantagens da TCC em relação às terapias meramente comportamentais e comparações teorias da cognição a nível fisiológico, além das suas vantagens em relação às limitações da teoria psicanalítica para abarcar as diferentes possibilidades de cognição humana.

Dando como exemplo: a projeção do imaginário no comportamento sináptico do córtex e a mudança comportamental; a dinâmica sináptica na presença de transtornos mentais; a complexidade da dinâmica e a rigidez mental; e natureza colaborativa e competitiva desta dinâmica para aprendizagem. Além de novas hipóteses para a inteligência e o uso do campo para hipóteses entre os aparatos neurofisiológicos como hipocampo e os estados de consciência.

5. **Indicação de trabalhos futuros**

No campo da psicologia cognitiva, serão necessários o teste frameworks de análise comportamental que utilizem o conceito SDC em sua aplicabilidade e resultados terapêuticos. Ao concerne a neurociência, é necessária estudos da influência de estados globais da atividade sináptica em atividades eletrofisiológica de zonas e processos específicos do sistema nervoso.

6. **Declaração de direitos**

O autor declara ser detentores dos direitos autorais da presente obra, que o artigo não foi publicado anteriormente e que não está sendo considerado por outra Revista/Journal. Declara que as imagens e textos publicados são de responsabilidade do autor, e não possuem direitos autorais reservados à terceiros. Textos e/ou imagens de terceiros são devidamente citados ou devidamente autorizados com concessão de direitos para publicação quando necessário. Declara respeitar os direitos de terceiros e de Instituições públicas e privadas. Declara não



cometer plágio ou autoplágio e não ter considerado/gerado conteúdos falsos e que a obra é original e de responsabilidade do autor.

7. Referências

1. Bahls, S. C., & Bassetti, A. B. B. (2004). Terapia Cognitivocomportamentais: conceitos e pressupostos teóricos. <https://www.cursosavante.com.br/cursos/curso368/conteudo8329.pdf>
2. Baum, W. M. (2017). Understanding Behaviorism (3o ed). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119143673>
3. Boccaletti, S., Grebogi, C., Lai, Y.-C., Mancini, H., & Maza, D. (2000). The control of chaos: theory and applications. Physics Reports, 329(3), 103–197. [https://doi.org/10.1016/S0370-1573\(99\)00096-4](https://doi.org/10.1016/S0370-1573(99)00096-4)
4. Bogaert, A. F. (2015). Asexuality: What It Is and Why It Matters. The Journal of Sex Research, 52(4), 362–379. <https://doi.org/10.1080/00224499.2015.1015713>
5. Burgess, N. (2014). The 2014 Nobel Prize in Physiology or Medicine: A Spatial Model for Cognitive Neuroscience. Neuron, 84(6), 1120–1125. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2014.12.009>
6. Buzsáki, G., & Mizuseki, K. (2014). The log-dynamic brain: how skewed distributions affect network operations. Nature Reviews Neuroscience, 15(4), 264–278. <https://doi.org/10.1038/nrn3687>
7. Cabrera, F., Jiménez, Á. A., & Covarrubias, P. (2019). Timberlake’s behavior systems: A paradigm shift toward an ecological approach. Behavioural Processes, 167(English), 103892. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2019.103892>
8. Cabukovski, V., Rudolf, N. de M., & Mahmood, N. (1993). Measuring the fractal dimension of EEG signals: selection and adaptation of method for real-time analysis. <https://www.witpress.com/elibrary/wit-transactions-on-biomedicine-and-health/1/13075>



9. Callegaro, M. (2011). O Novo Inconsciente: Como a Terapia Cognitiva e as Neurociências Revolucionaram o Modelo do Processamento Mental. 1–312. <https://m.grupoa.com.br/o-novo-inconsciente-p992786>
10. Dalton, M. A., D’Souza, A., Lv, J., & Calamante, F. (2022). New insights into anatomical connectivity along the anterior–posterior axis of the human hippocampus using in vivo quantitative fibre tracking. *eLife*, 11. <https://doi.org/10.7554/eLife.76143>
11. de Maat, S., de Jonghe, F., de Kraker, R., Leichsenring, F., Abbass, A., Luyten, P., Barber, J. P., Van, R., & Dekker, J. (2013). The Current State of the Empirical Evidence for Psychoanalysis. *Harvard Review of Psychiatry*, 21(3), 107–137. <https://doi.org/10.1097/HRP.0b013e318294f5fd>
12. Drigas, A. S., Karyotaki, M., & Skianis, C. (2018). An Integrated Approach to Neuro-development, Neuroplasticity and Cognitive Improvement. *International Journal of Recent Contributions from Engineering, Science & IT (iJES)*, 6(3), 4. <https://doi.org/10.3991/ijes.v6i3.9034>
13. Freud, S., & Chase, H. W. (1925). The origin and development of psychoanalysis. (H. W. Chase, Trad.). Em *An outline of psychoanalysis*. (p. 21–70). Modern Library. <https://doi.org/10.1037/11350-001>
14. Gibson, J. J. (1985). Conclusions from a century of research on sense perception. Em *A century of psychology as science*. (p. 224–230). American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/10117-025>
15. Granic, I., & Patterson, G. R. (2006). Toward a comprehensive model of antisocial development: A dynamic systems approach. *Psychological Review*, 113(1), 101–131. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.113.1.101>
16. Haimovici, A., Tagliazucchi, E., Balenzuela, P., & Chialvo, D. R. (2013). Brain Organization into Resting State Networks Emerges at Criticality on a Model of



- the Human Connectome. *Physical Review Letters*, 110(17), 178101.
<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.110.178101>
17. Hines, M. (2020). Neuroscience and Sex/Gender: Looking Back and Forward. *The Journal of Neuroscience*, 40(1), 37–43.
<https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0750-19.2019>
 18. Hunt, T., & Schooler, J. W. (2019). The Easy Part of the Hard Problem: A Resonance Theory of Consciousness. *Frontiers in Human Neuroscience*, 13.
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00378>
 19. Jokić-Begić, N. (2010). Cognitive-Behavioral Therapy and Neuroscience: Towards Closer Integration. 235–254. <https://hrcak.srce.hr/64665>
 20. Kahana, M. J. (2006). The Cognitive Correlates of Human Brain Oscillations. *The Journal of Neuroscience*, 26(6), 1669–1672.
<https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3737-05c.2006>
 21. Kahneman, D. (2012). *The Human Side of Decision Making: Thinking Things Through with Daniel Kahneman*, PhD. 13. <https://ssrn.com/abstract=2144471>
 22. Kamal, S. M., Sim, S., Tee, R., Nathan, V., Aghasian, E., & Namazi, H. (2020). Decoding of the relationship between human brain activity and walking paths. *Technology and Health Care*, 28(4), 381–390. <https://doi.org/10.3233/THC-191965>
 23. Kanton, S., Boyle, M. J., He, Z., Santel, M., Weigert, A., Sanchís-Calleja, F., Guijarro, P., Sidow, L., Fleck, J. S., Han, D., Qian, Z., Heide, M., Huttner, W. B., Khaitovich, P., Pääbo, S., Treutlein, B., & Camp, J. G. (2019). Organoid single-cell genomic atlas uncovers human-specific features of brain development. *Nature*, 574(7778), 418–422. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1654-9>



24. Keijzer, F. (2005). Theoretical behaviorism meets embodied cognition: two theoretical analyses of behavior. *Philosophical Psychology*, 18(1), 123–143.
<https://doi.org/10.1080/09515080500085460>
25. Knapp, P., & Beck, A. T. (2008). Fundamentos, modelos conceituais, aplicações e pesquisa da terapia cognitiva. *Revista Brasileira de Psiquiatria*, 30(suppl 2), s54–s64. <https://doi.org/10.1590/S1516-44462008000600002>
26. Lau, Z. J., Pham, T., Chen, S. H. A., & Makowski, D. (2022). Brain entropy, fractal dimensions and predictability: A review of complexity measures for EEG in healthy and neuropsychiatric populations. *European Journal of Neuroscience*, 56(7), 5047–5069. <https://doi.org/10.1111/ejn.15800>
27. Lebedev, M. A., Ossadtchi, A., Mill, N. A., Urpí, N. A., Cervera, M. R., & Nicolelis, M. A. L. (2019). Analysis of neuronal ensemble activity reveals the pitfalls and shortcomings of rotation dynamics. *Scientific Reports*, 9(1), 18978. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-54760-4>
28. Lima, A. P. de. (2010). O modelo estrutural de Freud e o cérebro: uma proposta de integração entre a psicanálise e a neurofisiologia. *Archives of Clinical Psychiatry (São Paulo)*, 37(6), 280–287. <https://doi.org/10.1590/S0101-60832010000600005>
29. Mandelbrot, B. B. (1982). 4. The Many Faces of Scaling: Fractals, Geometry of Nature, and Economics. Em *Self-Organization and Dissipative Structures* (1o ed, p. 91–109). University of Texas Press. <https://doi.org/10.7560/703544-005>
30. Mansell, W., & Marken, R. S. (2015). The Origins and Future of Control Theory in Psychology. *Review of General Psychology*, 19(4), 425–430. <https://doi.org/10.1037/gpr0000057>
31. Mattei, T. A. (2014). Unveiling complexity: non-linear and fractal analysis in neuroscience and cognitive psychology. *Frontiers in Computational Neuroscience*, 8. <https://doi.org/10.3389/fncom.2014.00017>



32. Meunier, D., Lambiotte, R., & Bullmore, E. T. (2010). Modular and Hierarchically Modular Organization of Brain Networks. *Frontiers in Neuroscience*, 4, 1. <https://doi.org/10.3389/fnins.2010.00200>
33. Pietschnig, J., Penke, L., Wicherts, J. M., Zeiler, M., & Voracek, M. (2015). Meta-analysis of associations between human brain volume and intelligence differences: How strong are they and what do they mean? *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 57, 411–432. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2015.09.017>
34. Prochazka, A., & Ellaway, P. (2012). Sensory Systems in the Control of Movement. Em *Comprehensive Physiology* (p. 2615–2627). Wiley. <https://doi.org/10.1002/cphy.c100086>
35. Rabinovich, M. I., Huerta, R., Varona, P., & Afraimovich, V. S. (2008). Transient Cognitive Dynamics, Metastability, and Decision Making. *PLoS Computational Biology*, 4(5), e1000072. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1000072>
36. Richardson, M. J., Dale, R., & Marsh, K. L. (2014). Complex Dynamical Systems in Social and Personality Psychology. Em *Handbook of Research Methods in Social and Personality Psychology* (p. 253–282). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511996481.015>
37. Shine, J. M., Breakspear, M., Bell, P. T., Ehgoetz Martens, K. A., Shine, R., Koyejo, O., Sporns, O., & Poldrack, R. A. (2019). Human cognition involves the dynamic integration of neural activity and neuromodulatory systems. *Nature Neuroscience*, 22(2), 289–296. <https://doi.org/10.1038/s41593-018-0312-0>
38. Singer, W. (2021). Recurrent dynamics in the cerebral cortex: Integration of sensory evidence with stored knowledge. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(33). <https://doi.org/10.1073/pnas.2101043118>



39. Skinner, B. F. (1936). The Verbal Summator and a Method for the Study of Latent Speech. *The Journal of Psychology*, 2(1), 71–107.
<https://doi.org/10.1080/00223980.1936.9917445>
40. Thelen, E., & Smith, L. B. (1994). *A Dynamic Systems Approach to the Development of Cognition and Action*. The MIT Press.
<https://doi.org/10.7551/mitpress/2524.001.0001>
41. Timberlake, W. (1993). BEHAVIOR SYSTEMS AND REINFORCEMENT: AN INTEGRATIVE APPROACH. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 60(1), 105–128. <https://doi.org/10.1901/jeab.1993.60-105>
42. Xu, Y., Long, X., Feng, J., & Gong, P. (2023). Interacting spiral wave patterns underlie complex brain dynamics and are related to cognitive processing. *Nature Human Behaviour*, 7(7), 1196–1215. <https://doi.org/10.1038/s41562-023-01626-5>
43. Zimmern, V. (2020). Why Brain Criticality Is Clinically Relevant: A Scoping Review. *Frontiers in Neural Circuits*, 14.
<https://doi.org/10.3389/fncir.2020.00054>