

# ARTIGO DE ATUALIZAÇÃO

por FERNANDO PORTELA CÂMARA<sup>1</sup>

# ARTIGO

## CÉREBROS, MÁQUINAS E PSIQUIATRIA [PSIQUIATRIA COMPUTACIONAL]

## BRAIN, MACHINES AND PSYCHIATRY [COMPUTATIONAL PSYCHIATRY]

### Resumo

A ideia de que os processos mentais são computacionais e, portanto, reproduzíveis artificialmente trouxe um grande impulso para a criação da Inteligência Artificial e se tornou um marco teórico que revitalizou a psicologia cognitiva, o conexionismo, a linguística, engenharia biomédica e outros campos. A psiquiatria é uma disciplina que muito se aproxima da ciência computacional e sua interação com essa campo científico é um fator de desenvolvimento e evolução para essa especialidade médica. Nesse artigo discutimos alguns aspectos teóricos e algumas propostas de modelos para o que podemos chamar de psiquiatria computacional.

**Palavras chaves:** psiquiatria – computação – cognitivismo – processadores neurais – transtornos mentais e comportamentais

### Abstract

The idea that mental processes are computational and therefore reproducible artificially brought a major boost to the creation of Artificial Intelligence and became a theoretical framework that has revitalized cognitive psychology, connectionism, linguistics, biomedical engineering and other fields. Psychiatry is a discipline that resembles very closely the computational science and its interaction with this science is a factor of development and evolution for that medical specialty. In this article we discuss some theoretical and some proposed models for what we call computational psychiatry.

**Keywords:** psychiatry - computing - cognitivism - neural processors - mental and behavioral disorders

## DE METÁFORAS À UMA TEORIA CIENTÍFICA

A corrente filosófica que considera o homem como um mecanismo que funciona por si mesmo (autômato) é muito antiga, e remonta aos gregos clássicos e aos chineses antigos. São muitos os relatos de autômatos e

andróides (autômatos de forma humana) maravilhosos animados por tubos hidráulicos e rodas dentadas. Essa filosofia mecânica tornou-se influente no século XVII quando Descartes, em seu tratado *De Homine*, defendeu que os animais eram máquinas de carne, enquanto o homem, embora também uma máquina, possuía uma alma que lhe permite a reflexão. Ele comparava o organismo a um mecanismo de relojoaria e a ação dos nervos e vasos a mecanismos hidráulicos, usados em brinquedos que já em sua época maravilhavam os europeus. Essa ideia radicalizou com Julien Offray de La Mettrie que, na sua obra *L'Homme Machine* (1748), considerava a alma como uma função global emergente da maquinaria biológica, ideia continuada pelo padre Étienne Bonnot Condillac que, em seu *Traité des Sensations* (1754), comparava o homem a uma estátua à qual foram dados, "por fantasia, as funções sensitivas". Condillac procurava explicar, dessa forma, como o homem chegava a ter conhecimento de si mesmo, distinguir as coisas exteriores e reconhecer os limites do conhecimento. Esse é o primeiro projeto de psicologia biológica que temos notícia, e ainda com uma abordagem sistêmica, pois propõe examinar a questão do ponto de vista das propriedades da lógica dos sistemas, sem levar em consideração se estes são vivos ou não.

O século XIX foi relativamente calmo com relação a essas especulações, porém, com o advento da telefonia no início do século XX, a ideia retornou, agora como modelo teórico que proporcionava insights sobre a natureza da mente. Popularizou-se a noção de que o cérebro funcional assemelhava-se a um quadro de ligações telefônicas auto-operante, ligando entradas sensoriais com saídas motoras em diferentes configurações, e a aprendizagem consistiria em ligar entradas e saídas em diferentes combinações. Essa ideia entre cérebro e painel de ligação foi explicitamente enunciada por autores como Karl Pearson (*The Grammar of Science*, 1892), e implicitamente nos escritos de Sherrington, na Inglaterra, Thorndike, nos Estados Unidos, e Pavlov, na Rússia.

Em 1943, a demonstração que funções lógicas podiam ser de-



## FERNANDO PORTELA CÂMARA

1 MD, PhD, Professor Associado, UFRJ  
Coordenador, Depto Informática da ABP

sempenhadas por neurônios, por Warren McCulloch e Walter Pitts<sup>1</sup>, selou definitivamente a natureza computacional das operações em redes neuronais, e serviu à inspiração do desenho dos atuais computadores por John Von Neumann<sup>2</sup>.

A evidência de que a aprendizagem – e os processos cognitivos em geral – ocorrem nas conexões ou sinapses entre neurônios, foi a descoberta revolucionária de uma “lei” natural que reconfigurou a ciência cognitiva, a neurociência e a engenharia biomédica<sup>3,4,5,6</sup>. Muitas funções nervosas são hoje reconhecidas como computáveis ou algorítmicas, guardada as devidas distinções e levando em consideração que a linguagem dos computadores digitais não é a mesma dos neurônios. Estamos falando aqui de modelos suficientemente isomórficos para permitir o estabelecimento de marcos conceituais consistentes.

Os desenvolvimentos da computação e de certos setores da neurociência cognitiva correram paralelamente e convergiram, finalmente, em um conhecimento que é compartilhado em grande parte, incluindo uma linguagem comum. A noção de computabilidade tornou-se objeto comum às ciências da computação, psicologia cognitiva, lingüística e teorias de aprendizagem neurais.

Vejamos brevemente alguns dos elementos que contribuíram para essa convergência de conhecimentos.

O primeiro é o conceito revolucionário de informação. A ciência do século XIX desenvolveu o conceito de energia, sua utilização em trabalho e suas relações com a matéria. Matéria e energia passaram a ser os fundamentos de tudo quanto existe e já existiu. Todo pensamento científico e médico foi assentado nessas noções fundamentais. Na década de 1940, Claude Shannon desenvolveu a Teoria da Informação (ou Comunicação) consolidando a universalidade do novo ente. A partir daí descobriu-se que o universo não pode ser concebido apenas com base em matéria e energia, uma terceira noção se impunha, a de informação. Informação não é matéria e nem energia, é informação, enfatizava Norbert Wiener<sup>7</sup>. Ela pode ser medida, identificada, mas não pode ser isolada como uma substância ou ter um equivalente de energia mensurado; não é nem uma coisa e nem outra, é um ente próprio, informação. Essa noção primitiva introduz a noção de organização, transmissão de ordem e armazenamento de padrões. Não se pode isolar uma sensação como uma substância ou uma modificação de energia, ela é uma subjetividade que adquire significado quando tratada como informação.

O segundo elemento desse conhecimento é a noção de computador. Essas máquinas digitais que operam em código binário, são, na verdade, calculadoras aritméticas ultra-rápidas de alta precisão, uma tarefa para qual o cérebro é ineficiente, extremamente lento

e impreciso. Durante séculos aperfeiçoamos o sistema de notação numérica e regras para operações, mas finalmente delegamos essa função às máquinas, que assim passaram a serem apêndices para esse tipo de operações em que a mente é pouco competente. Como notou Von Neumann<sup>2</sup>, o cérebro não utiliza o mesmo código dos computadores, e tampouco usa o sistema posicional que nos permite ordenar os números. O cérebro realiza operações numéricas de forma ainda desconhecida, nas quais o significado é transmitido pelas propriedades estatísticas da mensagem. Em outras palavras, a linguagem que o cérebro utiliza pode não ser a da matemática, mas seja como for, é de natureza computável. Von Neumann observou também que a ineficiência aritmética do cérebro é compensada pelo desenvolvimento de um alto nível de lógica. De fato, é a lógica que permite ao sistema nervoso regular as funções orgânicas, integrar a informação que chega do ambiente e adaptar-se ao meio em que vive e estabelecer formas de comunicação. Quando o leigo se admira com computadores realizando atos inteligentes, a máquina está apenas computando funções lógicas, as mesmas que nossa mente utiliza. A importância da lógica na linguagem da atividade nervosa pode ser facilmente apreendida quando nos deparamos com um delírio ou uma alucinação, e logo percebemos tratar-se de uma alteração lógica na informação elaborada no sistema nervoso do doente.

O terceiro e último exemplo de computabilidade e cognitivismo, dentre outros mais que omitiremos aqui, é o de considerar o cérebro como um modelador. Isso foi colocado em discussão na seminal obra de Kenneth Craik<sup>8</sup>, onde ele considerou o sistema nervoso como “um computador capaz de modelar paralelamente os eventos externos”, sugerindo que esses “modelos internos” seria a característica básica da mente e das explicações que fazemos das coisas. O cérebro elabora modelos da realidade segundo o que experimenta da interação com o seu meio e então atua de acordo com esse modelo, enfrentando situações semelhantes ou que tem algum ponto em comum, mas que não é idêntica<sup>9</sup>. Desse modo ele atua como um computador, programado para agir de certa forma, e generaliza esse modelo para outras situações não exatamente idênticas, e com isso tem uma probabilidade razoável de adaptar-se com maior economia de tempo e energia do que teria se tivesse de elaborar novas habilidades. Durante o desenvolvimento do organismo há uma fase de aprendizagem e adaptação que completa o desenvolvimento do cérebro, durante o contato com informação ambiente. O organismo incorpora modelos pré-fabricados e outros que terá de completar ou desenvolver com sua experiência no meio em que vive. O ser humano, contudo, constantemente tem de lidar com informações novas e é solicita-

# ARTIGO DE ATUALIZAÇÃO

por **FERNANDO PORTELA CÂMARA**<sup>1</sup>

# ARTIGO

do a produzir e criar, o que implica em aprendizagem, armazenamento e geração de novas informações, e isso requer um grau de plasticidade cerebral único na espécie. O cérebro humano torna-se, assim, vulnerável a sobrecargas e distribuição de informação, o que pode vir a impactar o desempenho mental e comportamental do indivíduo.

## PROCESSADORES NEURAIIS E TRANSTORNOS MENTAIS. O OBJETO DA PSIQUIATRIA.

A ideia de que o cérebro está formado por processadores é hoje o modelo funcional mais efetivo que dispomos. Com efeito, o cérebro ativo comporta-se como um mosaico de processadores que operam paralelamente e interagem em variados graus, e a neuroanatomia das vias cerebrais nos mostra isso. Os estereótipos comportamentais, os componentes afetivos e suas conexões sensorio-motoras e autônomas elaboram-se dentro da organização cerebral, no nível subcortical, automático, enquanto na esfera cortical desenvolvem-se processadores que fazem interface com o meio ambiente (analisadores corticais, memória), integra informação sensorio-motora, organiza o comportamento, motiva e regula os afetos, elabora o pensamento e constrói modelos cognitivos do mundo, abrindo-se a consciência. Ambos os níveis dialogam entre si e interferem um no outro. No homem, a civilização e a educação desenvolveram inibições corticais sobre as estruturas mais profundas, permitindo um controle predominante da consciência sobre os impulsos e automatismos, embora sujeitos a irrupções emocionais transitórias e relaxamento temporário das inibições. No sujeito em que esse delicado equilíbrio esteja comprometido, desorganiza-se em anomalias do pensamento, humor e o comportamento.

Esses processadores dividem-se basicamente em dois tipos:

- Processadores com programação fixa estabelecidos durante o desenvolvimento do sistema nervoso, que em sua maioria são subcorticais. Esses processadores são determinados geneticamente, organizados em territórios neuroquímicos, programados por evolução a partir de protótipos básicos que vão se repetindo e diversificando segundo evoluem os organismos para modelos mais complexos. São eles que sustentam a atividade nervosa, do mais simples invertebrado ao cérebro humano, e não estão implicados em aprendizagem.

- No território cortical, temos processadores com propriedade de aprendizagem, auto-programados através da experiência (com

o meio) e de descrição (aquisição de informação armazenada em outros organismos). Aí também existem processadores com programação geneticamente fixada, como, por exemplo, as áreas implicadas na formação da linguagem articulada e do sentido da linguagem. O córtex pré-frontal, área neocortical cujo desenvolvimento é notável no *Homo Sapiens*, gerencia a atividade nervosa superior em torno de uma singularidade que denominamos ego. É no neocórtex que uma intensa atividade de aprendizagem se realiza, limitadamente nos primatas e exuberantemente nos humanos.

O conceito de processador neural é conceitual e não fisiológico, e envolve a modelagem em computador, portanto, tem a vantagem de ser testado com precisão, pois, a precisa descrição lógico-matemática desses modelos permite inferências mais refinadas e exploração de hipóteses efetivas. Além disso, têm ainda a vantagem de serem éticos, pois, certos experimentos que não são possíveis em humanos podem ser conduzidos em modelos computacionais com razoável confiabilidade.

O neocórtex e seu papel regulador sobre os estereótipos comportamentais e afetivos das regiões subcorticais e seu papel de gerente da atividade cognitiva, é o objeto da psiquiatria e substrato da ação do psiquiatra. Sua alteração por lesão, atrofia, insuficiente irrigação ou intoxicação, déficit funcional, ou insuficiente desenvolvimento cognitivo por falha de aprendizagem, pode afetar a regulação subcortical deixando a descoberto e fora de controle processadores dessa região, cujo automatismo passa a se repetir incessantemente interferindo gravemente na atividade mental. Os processos obsessivo-compulsivos, os surtos alucinatórios e delirantes, os transtornos de ansiedade, do impulso, e outros teriam sua origem nessa insuficiente regulação.

Em psiquiatria, esse fenômeno pode ser o modelo padrão de causalidade da doença mental. De fato, podemos notar como os estados obsessivo-compulsivos, os estados de ansiedade, os estados delirantes e alucinatórios, os estados maníacos, etc., caracterizam-se como processos que se repetem ciclicamente, sugerindo uma evidente falha na regulação e modulação de processadores que, em condições normais, participam integrativamente da sustentação da atividade cerebral e regulação do comportamento. Essa falha regulatória muitas vezes manifesta-se conjuntamente com alterações na elaboração cognitiva. Não podemos considerar esse fenômeno de autonomização funcional como a causa da doença mental, senão a falha do elemento que o regula, implicando a participação do neocórtex. O esforço do psiquiatra está em usar métodos que reforcem as vias corticais no seu papel regulador, ou corrija sua deficiência a partir de um controle externo, sob a forma de terapias farmacológicas, biofísicas ou cognitivas.



Considere o exemplo do transtorno obsessivo-compulsivo (TOC). O processador implicado provavelmente é uma função auxiliar utilizada nos processos de aprendizagem, que em animais como reptéis e anfíbios participam de estereotípias e comportamentos repetitivos. No gênero humano e algumas espécies de primatas, esses atos compulsivos, devidamente controlados, podem ser importantes para se aprender uma tarefa ou memorizar algo, cuja repetição por um curto período de tempo proporciona o reforço necessário à aprendizagem. Fora desse contexto, a função interfere na economia nervosa e torna-se patológica para o sujeito humano. Não é difícil perceber que a nosografia psiquiátrica é uma ampla descrição de padrões computacionais que, ao se destacarem da economia mental, tornam-se centros de atividades autônomas indesejáveis.

A autonomização desses processamentos desagrega a consciência e aí reside a perturbação mental propriamente dita: o sofrimento, a angústia, a perda da função social, do rendimento intelectual e laboral, as atitudes involuntárias, etc. A sua causa parece ser única – a perda da capacidade reguladora e integradora do córtex sobre processadores básicos que mantém a unidade do funcionamento cerebral.

Modelos efetivos em psiquiatria e racionalização do tratamento

A coordenação de vias de transmissão de informação, tráfego e distribuição não estão sujeitas apenas à arquitetura das conexões sinápticas, mas também a sinais químicos que orientam e regulam a transmissão, e por isso a farmacologia de neurotransmissores e sua relação com vias e áreas cerebrais tem se mostrado útil e proporcionado um avanço real na psiquiatria.

Um fato que aparece com frequência quando observamos esses processadores neurais é que eles compartilham diferentes funções. Desconhecemos como a atividade psíquica é elaborada, e julgamos que ela seja uma função própria, especial, e por isso cometemos equívocos pelo fato de interpretarmos certos resultados segundo essa crença. Por exemplo, ao administrarmos um antipsicótico a um sujeito que delira e alucina, podemos regular sua senso-percepção, mas ao mesmo tempo podemos provocar um descontrole motor nesse indivíduo. Esse fato, que é da experiência de todo psiquiatra, apenas mostra que as atividades psíquica, sensitiva e motora formam uma unidade nervosa. Além disso, quase todas as estruturas cerebrais têm um envolvimento motor, e virtualmente todo córtex (exceto as áreas auditiva e visual primária) dirige-se para a ganglia basal<sup>10,11</sup>.

A ocorrência de automatismos motores é evidente, por exemplo, no TOC (estereotípias compulsivas como verificação e lava-mãos) e síndrome de Tourette (movimentos involuntários

acompanhados de estereotípias verbais), ao lado de idéias e pensamentos repetitivos reverberantes. Essas alças reverberantes ou loops são um fenômeno bem conhecido em computação (o chamado “problema da parada”) e foi o principal problema que os primeiros programadores se defrontaram, e sua presença típica na maioria dos transtornos mentais é um dos princípios que se soma às evidências de computabilidade dessas funções nervosas. No exemplo do TOC, o processador envolvido localiza-se na via córtico-estriatal-palidal-talâmica, e a alça reverberante que aí se instala decorre de alguma facilitação, pois não há alteração neuroquímica nesta via – como, p. ex., observa-se nas vias envolvidas na depressão e esquizofrenias. Os inibidores seletivos de recaptção da serotonina (ISRS) não são usados no TOC para compensar a falta de serotonina<sup>12</sup>, mas como pulsos ou estímulos que ajudam o caudado a reajustar a transmissão da serotonina e assim quebrar o loop que parasita funcionalmente o processador córtico-estriatal-palidal-talâmico.

Muito dessas hipóteses podem vir a ser esclarecidas em definitivo com a construção de modelos computacionais onde possamos simular o funcionamento dessas vias, seus modos de alteração, e verificar como é possível atuar sobre elas para se reparar sua regulação, compensar seu déficit ou mesmo reprogramá-las. Os psiquiatras ainda não se aproximaram da ciência computacional como ferramenta para pesquisa patogénicas e terapêuticas, o que certamente proporcionaria protocolos mais aperfeiçoados para a pesquisa de terapias racionais (farmacológicas, biológicas, e biofísicas).

## CONCLUSÃO

A incapacidade de processar adequadamente a informação psíquica reside em algum tipo de déficit no diálogo entre neocórtex e estruturas subcorticais que computam os estereótipos básicos que servem de andaime para a organização psíquica e comportamental. A falha na regulação e modulação desses processadores pelo neocórtex caracterizaria as doenças mentais, diferenciando-as, embora isso não seja rigoroso e nem determinístico, das doenças neurológicas, em que a ganglia basal é primariamente afetada. Por tal razão, essa hipotética falha regulatória muitas vezes manifesta-se conjuntamente com alterações na elaboração cognitiva, afetando a estrutura do ego. A hipótese da causa da doença mental como uma pane na regulação cortico-subcortical não é nova, porém, a evidência de que a organização dinâmica do cérebro é computável e os métodos que hoje dispomos para rastrear a atividade de populações de neurônios in vivo, traz a psiquiatria para o

# ARTIGO DE ATUALIZAÇÃO

por **FERNANDO PORTELA CÂMARA**<sup>1</sup>

# ARTIGO

foco da neurociência. A doença mental em si mesma é funcional, e o esforço da psiquiatria está em usar métodos que reforcem o papel regulador do córtex, ou corrija sua deficiência a partir de um controle externo, sob a forma de terapias racionais farmacológicas, biofísicas ou cognitivas.

## Referências

1. McCulloch W, Pitts W. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *Bulletin of Mathematical Biophysics*, 1943; 7: 115-133.
2. Von Neumann J. *The Computer and the Brain*, New Haven: Yale Univ. Press, 1958.
3. Câmara, FP. Redes Neurais Artificiais Como Metáfora e Modelo em Psicopatologia. In: OZ Prado; I Fortim; L Cosentino (Ed.), *Psicologia & Informática*, São Paulo: Conselho Regional de Psicologia SP, 2006, p. 92-105.
4. Câmara, FP. Redes Neurais Artificiais em Psiquiatria. Modelos e Metáforas, *Debates Psiquiatria (ABP)*, 2010; 2: 16-22.
5. Rojas R. *Neural networks*, Berlin: Springer-Verlag, 1996.
6. Trappenberg, T. P. (2002) *Fundamental of computational neuroscience*. Oxford: Oxford University Press.
7. Wiener N. *Cybernetics: or control and communication in the animal and the machine [1948]*, Second Edition, Cambridge: The MIT Press, 1961.
8. Craik KJW. *The Nature of Explanation*, Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1943.
9. Turchin VF. *The phenomenon of science. A cybernetic approach to human evolution*, New York: Columbia Univ. Press, 1977.
10. Alexander GE, DeLong MR, Strick PI. Parallel organization of functionally segregated circuits linking basal ganglia ad cortex, *Annual Review of Neuroscience* 1986; 9: 357-81.
11. Wilson CJ. Bsal ganglia. In GM Shepherd (Ed.), *The synasitc organization of the brain*, New York: Oxford Univ. Press, 1998, p. 329-75.
12. Blier P, de Montigny C. Serotonin and drug-induced therapeutic responses in major depression, obsessive-compulsive and panic disorders, *Neuropsychopharmacology*, 1999; 21: 915-985

*Declaração de conflito de interesse:*

*O autor declara não haver conflito de interesse em relação a este trabalho e fontes de financiamentos.*

Endereço de correspondência:

Fernando Portela Câmara, MD, PhD  
Professor Associado, UFRJ  
Coordenador, Depto Informática da ABP  
e-mail: fpcamara@gmail.com