

# Neurociências

# Tempo de cérebro

SIDARTA RIBEIRO

## Introdução

O PRESENTE artigo propõe navegar por alguns dos tópicos neurocientíficos que mais têm motivado discussão na sociedade. Desde que os Estados Unidos consagraram a década de 1990 à pesquisa sobre o cérebro, elevando seu financiamento a patamares inéditos, o interesse pelas questões relacionadas ao sistema nervoso aumentou em todo o mundo. Essa febre não se explica apenas pelo fato de que todos nós temos um cérebro. Afinal, não há um mercado de revistas de divulgação sobre nefrologia ou bioquímica entre o público leigo. No encontro entre matemática, física, biologia, psicologias, filosofia, antropologia e artes, as neurociências fascinam cada vez mais pessoas pela possibilidade de compreensão dos mecanismos das emoções, pensamentos e ações, doenças e loucuras, aprendizado e esquecimento, sonhos e imaginação, fenômenos que nos definem e constituem. Mais concretamente, profissionais de saúde, terapeutas, professores e legisladores podem agora se apropriar da imensa massa de dados empíricos sobre genes, proteínas, células, circuitos e organismos inteiros. Mas para quê? A tradução dos achados experimentais não é simples e o conhecimento recentemente gerado quase sempre é opaco para os não especialistas. Como interpretar as novas descobertas das neurociências? O que significam, que mudanças causam e até onde nos levam?

## A conquista da velhice

Múltiplos fatores se combinam para fazer que a longevidade da vida humana aumente com o passar do tempo. No Brasil, a esperança de vida passou de 60,5 anos em 1980 para 74,1 anos em 2011, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Com o aumento da população idosa nas últimas décadas, tornou-se comum entre as famílias que os membros mais velhos desenvolvam desordens degenerativas como o mal de Alzheimer ou a doença de Parkinson, ambas progressivas e severamente debilitantes no longo prazo. A compreensão dos mecanismos subjacentes às doenças neurodegenerativas tornou-se de amplo interesse público e vultosos recursos vêm sendo investidos na pesquisa básica sobre o assunto, bem como na pesquisa translacional que busca transformar descobertas feitas na bancada de laboratório em soluções terapêuticas eficazes.

A doença de Parkinson é causada pela degeneração de neurônios produtores do neurotransmissor dopamina presentes no núcleo mesencefálico denominado *substancia nigra*. Tais neurônios enviam projeções para regiões subcorticais que atuam de forma essencial na coordenação de ações musculares. A degeneração da *substancia nigra* pode ser causada por fatores genéticos e/ou

ambientais. Quando a degeneração atinge a maioria das células da *substancia nigra*, começam a aparecer sintomas motores como rigidez, tremores, lentificação dos movimentos e instabilidade postural (Davie, 2008). Embora a doença ainda não tenha cura, diversas medidas paliativas têm sido utilizadas para frear seu avanço e aliviar sintomas. A primeira linha de ação é quase sempre o tratamento com drogas capazes de aumentar a transmissão dopaminérgica, como precursores da síntese de dopamina, análogos de dopamina ou inibidores de enzimas que degradam a dopamina. Embora inicialmente bastante eficaz, a estratégia farmacológica tende a esgotar-se com a progressão da doença, pois a contenção dos sintomas passa a exigir doses cada vez maiores dos medicamentos, que por sua vez geram efeitos colaterais indesejáveis (Jenkins; Groh, 1970). Casos mais avançados da doença, refratários ao tratamento farmacológico, frequentemente recebem indicação para intervenções cirúrgicas, que consistem da lesão de regiões cerebrais profundas ou do implante de eletrodos para estimulação elétrica das mesmas regiões, uma abordagem conhecida como marca-passo neural. Embora os mecanismos responsáveis por tais tratamentos não estejam ainda esclarecidos, sua adoção pode chegar a praticamente eliminar certos sintomas motores da doença (Schupbach, 2007). Podem acarretar, entretanto, o aparecimento de efeitos colaterais negativos, como alucinações, déficits cognitivos, depressão e mudanças de personalidade. Enxertos de células dopaminérgicas representam uma esperança ainda não confirmada de tratamento (Brundin; Kordower, 2012).

O mal de Alzheimer é uma doença caracterizada por morte neuronal e atrofia de diversas regiões cerebrais, cujo desenvolvimento leva à demência e à morte. Os sintomas iniciais da doença são déficits de memória que evoluem com o tempo para quadros de confusão mental, irritabilidade, agressividade, instabilidade de humor e graves problemas cognitivos que terminam por isolar os pacientes do convívio social. As causas do mal de Alzheimer ainda não estão bem estabelecidas, existindo ao menos três principais teorias não necessariamente excludentes para explicar o fenômeno. A hipótese mais antiga sobre o mal de Alzheimer é a de que a causa da doença deriva de um decréscimo da síntese do neurotransmissor acetilcolina. Na década de 1990 surgiu a hipótese de que a doença provém do acúmulo de placas derivadas da proteína beta-amiloide, que em condições não patológicas participa do metabolismo celular normal, com funções enzimáticas, transcrpcionais e neuroprotetoras. Uma terceira hipótese postula que a causa do mal de Alzheimer é a hiperfosforilação da proteína tau, que levaria a uma agregação proteica de fibrilas capazes de interromper os sistemas de transporte neuronal via microtúbulos. Estudos recentes em modelos animais indicam que a progressão inicial do mal de Alzheimer acontece por propagação trans-sináptica da patologia relacionada à proteína tau, a partir do córtex entorrinal (De Calignon et al., 2012; Liu et al., 2012).

Embora a imunização contra peptídeos beta-amiloides seja capaz de eliminar placas amiloides (Monsonogo; Weiner, 2003), não foram detectados efeitos

significativos sobre a demência (Holmes et al., 2008). Experimentos com camundongos transgênicos indicam que déficits mnemônicos relacionados à proteína tau podem ser revertidos pela interrupção da sua síntese (Santacruz et al., 2005), mas ainda não existe uma aplicação clínica nessa direção. Tratamentos farmacológicos apresentam sucesso limitado no controle dos sintomas cognitivos da doença. Como a cura para o mal de Alzheimer ainda é desconhecida, boa parte da pesquisa nesse assunto foca em medidas preventivas que possam retardar o aparecimento da doença. Estudos de gêmeos idosos em que apenas um dos indivíduos apresenta demência causada por mal de Alzheimer indicam que a prática cotidiana de atividades mentais retarda o aparecimento da doença (Crowe et al., 2003).

Com o advento da terapia de células tronco (Ilic; Polak, 2012), não é difícil imaginar que no futuro a medicina rotineiramente realizará a reposição e renovação de órgãos. Essa nova medicina necessariamente terá que se haver com as doenças neurodegenerativas. Vencidas, tais doenças darão lugar a uma saúde na terceira idade que a humanidade jamais conheceu. Sobrevirá uma geração de anciãos mental e fisicamente ágeis que expandirão os limites da longevidade com ótima qualidade de vida. A promessa que se desenha é a conquista da velhice. Se tal graça se estenderá a todos, ou apenas aos que puderem pagar caro por isso, vai depender do que faremos com a educação das crianças.

### **Pedagogias, educação e incentivos**

Constata-se uma expansão sem precedentes das fronteiras da cognição humana, propiciada pelo advento dos computadores e da internet. Em contrapartida, o descompasso entre produção e distribuição de conhecimento faz crescer o abismo entre a elite e os destituídos. Todos concordam que a reversão da desigualdade econômica só pode ser obtida mediante o amplo acesso à educação de qualidade, mas boa parte do planeta está longe de alcançar isso. Em qualidade educacional, todos os países da América Latina, exceto Cuba, situam-se muito aquém dos Estados Unidos, da Europa, de Israel e da Austrália. No índice de desenvolvimento educacional da Unesco, o Brasil vem abaixo de Uruguai, Argentina, Chile, México, e mesmo de El Salvador. A revolução educacional que os tempos exigem passa pela universalização das oportunidades de aprendizado.

Para suplantarmos o fosso educacional que separa as diferentes nações, precisaremos compreender melhor as bases biológicas, psicológicas e pedagógicas do aprendizado escolar. Certas descobertas da neurociência sugerem modificações práticas de potencial impacto, algumas postuladas há décadas por pedagogos e líderes políticos. Toda manhã, jovens mal alimentados se dirigem às escolas. Não surpreendentemente, tais estudantes frequentemente apresentam déficits de aprendizado. O cérebro é o órgão que mais consome glicose (Reivich et al., 1979), e a administração de glicose antes do aprendizado fortalece memórias (Korol; Gold, 1998). Isso sugere que, independentemente do método pedagógico empregado, a má nutrição afeta negativamente o aprendizado. A ingestão

calórica talvez não seja, entretanto, o único requisito alimentar para o aprendizado, pois camundongos alimentados com dietas muito gordurosas aprendem menos e mais lentamente do que animais alimentados com baixo teor de gorduras (Valladolid-Acebes et al., 2011). Isso parece se dever a uma dessensitização dos receptores glutamatérgicos do tipo NMDA, que são necessários para o aprendizado de longo prazo (Valladolid-Acebes et al., 2012). O cuidado com a alimentação escolar, portanto, é provavelmente crucial para o aprendizado bem-sucedido dos alunos.

Outro dado neurocientífico relevante para a melhoria da educação diz respeito ao modo como reagimos a recompensas. A relação entre incentivo e motivação obedece a uma função sigmoide, de forma que incentivos muito pequenos ou muito grandes, quando aumentados, pouco afetam a motivação (Lee, 2006; Livet, 2010). Uma política salarial capaz de aumentar a motivação dos professores precisa acontecer na faixa intermediária, bem acima dos atuais patamares mínimos, região em que incrementos nos incentivos acarretam aumentos proporcionais de motivação. Se em todo o planeta um professor universitário ganha muito mais do que um professor de ensino fundamental, é claro que haverá prejuízo na formação de base, asfixiando na raiz a universalização do saber. Enquanto não houver uma equiparação salarial pelo teto entre magistério e ensino superior, não haverá uma política salarial racional para a docência, não atrairemos talentos para a formação infantil, nem a escola poderá sanar nossas mazelas sociais.

No que diz respeito ao confronto entre os diferentes tipos de ensino, constata-se que a escola ensina ciências, matemática e línguas de modo nada científico. Abundam métodos pedagógicos discordantes, mas inexiste a prática de confronto experimental entre suas distintas eficácias. O ensino é quase sempre fundado em opções teóricas, tradições, ideologias ou opiniões qualitativas. Ainda está por se construir uma ciência educacional capaz de ser testada e continuamente melhorada de forma empírica e quantitativa. Se não chegarmos a uma pedagogia científica capaz de alavancar o aprendizado dos mais necessitados, é provável que continue aumentando a desigualdade educacional do planeta.

Com esse objetivo foi criada pela McDonnell Foundation a Escola Latino-Americana de Ciências Educacionais, Cognitivas e Neurais, que anualmente reúne professores e alunos de pós-graduação oriundos de dezenas de países para estudar, discutir e imaginar o futuro da educação (<http://www.laschool4education.com/>). O foco dessa Escola é o aperfeiçoamento e criação de métodos de ensino testados de forma quantitativa em salas de aula. Diversas descobertas científicas recentes alimentam os debates sobre a relação entre neurociências e educação, tais como as evidências de que o direcionamento da atenção do aluno para pontos específicos do material estudado favorece a retenção de memórias, de que gestos não verbais antecedem saltos cognitivos, e de que o aprendizado linguístico baseado em morfemas e grafemas é mais eficaz do que o ensino de

palavras inteiras. O papel dos jogos pedagógicos computacionais ainda é controverso, mas alguns estudos sugerem que a prática de certos jogos pode reverter déficits de aprendizado característicos da dislexia, e até mesmo acarretar a transferência de habilidades entre domínios cognitivos distintos. No Uruguai, o projeto “Um computador por aluno” começa a permitir a aquisição de gigantescos conjuntos de dados sobre a aprendizagem escolar de todos os alunos do país, configurando um imenso laboratório para aprendermos a aprender. A promessa da rede global de computadores é a disseminação sem barreiras do saber. Se soubermos navegar essas novas possibilidades, teremos a chance de promover o maior nivelamento educacional da história da espécie.

### **A epidemia da tristeza e a proibição de certas drogas**

Bastará uma revolução educacional para eliminar o sofrimento e instaurar a saúde? Suspeito que não. O advento da psicofarmacologia e o desenvolvimento da indústria farmacêutica ao longo do século passado foram acompanhados do aumento estratosférico da quantidade de pessoas que ingerem remédios diariamente. Em particular, milhões de pessoas passaram a utilizar fármacos para domar categorias mentais como “humor” e “atenção”, configurando uma epidemia de distúrbios psiquiátricos que sequer eram definidos na época de nossos avós. A utilização generalizada de calmantes, sedativos e antidepressivos a partir da década de 1950 foi impulsionada pelo marketing publicitário e por uma estreita associação entre médicos e fabricantes de remédios. Nos últimos anos, diversos medicamentos psiquiátricos largamente receitados vêm tendo sua eficácia questionada (Bentall, 2009; Kirsch, 2010). Muitas vezes os bons resultados requeridos para obter aprovação governamental de produção e venda são apresentados por cientistas financiados pelas próprias companhias produtoras dos fármacos. Infelizmente, é grande o número de casos em que os resultados iniciais não se confirmam *a posteriori* por novos estudos (Bentall, 2009; Kirsch, 2010).

Em paralelo à explosão do uso de psicofármacos patenteados e comercializados, foram proibidas ao longo do século XX diversas substâncias naturais que existiram milenarmente em diversas regiões do mundo, bem como substâncias sintéticas que não existiam até poucas décadas atrás (Marez, 2004). Infelizmente, nem a guerra a certas drogas nem a promoção de outras guardam relação com os potenciais danos físicos ou mentais que possam acarretar (Nutt et al., 2010). Do ponto de vista das neurociências, toda substância capaz de alterar parâmetros biológicos é uma droga cujo efeito é produto da interação de três fatores: a substância específica, o corpo em que ela atua, e o contexto físico e social em que ocorre o uso (Zinberg, 1984; Ribeiro et al., 2012). O proibicionismo exacerba os potenciais malefícios das drogas nesses três eixos. No que diz respeito aos efeitos específicos das substâncias, o proibicionismo necessariamente cria um mercado negro não fiscalizável, impedindo qualquer controle da composição química das drogas e de fato propiciando sua adulteração com substâncias desconhecidas pelo usuário. No que diz respeito aos corpos que

recebem a ação das drogas, o proibicionismo dificulta a proteção a grupos de risco, pois é impossível ensinar às pessoas – e sobretudo aos jovens – sobre variações no grau de risco associado ao consumo de substâncias que estão proscritas até mesmo da conversação. Finalmente, no que tange ao contexto social do uso de drogas, o proibicionismo induz estados de medo e paranoia persecutória que são por si só danosos (Moszynski, 2012). Pelo prisma das neurociências, nenhuma droga deveria ter seu uso criminalizado e todas deveriam ser reguladas, caso a caso, de acordo com suas especificidades e segundo critérios objetivos livres de moralismos e tendências políticas. A racionalidade científica exige redução de danos, tratamento isonômico para drogas com potencial danoso semelhante, e o fim de políticas públicas que punem quem precisa de respeito, acolhimento e, muitas vezes, auxílio médico. Essa discussão desemboca na polêmica atual sobre internação compulsória de usuários de crack nas grandes capitais do país. De eficácia duvidosa (Stevens et al., 2005), a medida atropela liberdades individuais e trata pessoas como autômatos desprovidos de subjetividade, foco principal da psicologia de profundidade.

### **A psicologia de profundidade encontra eco**

O estudo científico da mente humana tem como fundação a psicologia de profundidade, à qual se referiu com admiração Konrad Lorenz (1948), fundador da etologia:

Um outro ramo muito mais significativo de investigação psicológica originário da psiquiatria permanece notavelmente isolado e desconectado, embora mereça mais que qualquer outro campo da psicologia ser chamado de científico [...] por mais que rejeitemos o edifício teórico construído por Sigmund Freud e Carl Jung, [...] não pode haver dúvida de que ambos foram observadores talentosos que assinalaram pela primeira vez certos fatos irrevogáveis e inalienáveis do comportamento coletivo humano.

No final do século XIX, os psiquiatras Sigmund Freud e Joseph Breuer substituíram o uso das arguições e da hipnose pela escuta atenta das palavras produzidas espontaneamente pelos próprios pacientes, criando o método da livre associação de ideias para cartografar representações mentais (Breuer et al., 1895). O método revelou-se particularmente útil quando os pacientes eram instados a falar de seus sonhos, logo reconhecidos como uma rica e reveladora fonte de associações inconscientes (Freud, 1900). Postulou-se que sintomas patológicos de natureza psicossomática refletem a existência de regiões impenetráveis da mente, mapeadas pelo analista como exclusão sistemática de certas memórias. De acordo com a teoria psicanalítica, a “cura pela palavra” ocorreria quando o paciente chegasse conscientemente ao conteúdo reprimido, iluminando a gênese da memória traumática. Um conceito central desse paradigma é a noção de que o inconsciente é uma fonte pujante de pensamentos intrusivos, que aparecem mais facilmente no contexto de relaxamento e divagação propiciado pela psicanálise (Freud, 1915).



*Imagem do sistema nervoso humano.*

O interesse por associações livres de palavras também motivou esforços paralelos de Carl Jung, ainda antes de seu encontro com Freud. O jovem Jung concentrou suas pesquisas no registro de grandes quantidades de pares de palavras associadas livremente por voluntários (Jung, 1904-1907). Em contraste com a pesquisa de Freud, o estudo de Jung foi quantitativo e alcançou dezenas de pessoas de distintos gêneros, idades e origens socioculturais. As expectativas eram ambiciosas, almejando a classificação de pessoas a partir de relações idiossincráticas entre as palavras produzidas por associação livre. Apesar de seu amplo escopo, o esforço pioneiro produziu um único resultado concreto, quase uma obviedade hoje em dia: pessoas com alto grau de instrução apresentaram repertórios lexicais bem maiores do que pessoas privadas de educação formal.

Freud e Jung fizeram múltiplas descobertas fundamentais sobre a psicologia humana mas foram rejeitados pela ciência de seu tempo. Tratados ao longo do século XX como farsantes, suas contribuições vêm regressando ao centro da pesquisa neurocientífica, ressurgindo em muitas frentes distintas. Um dos temas freudianos mais centrais é a reminiscência da vigília dentro do sonho (Freud, 1900). Tais “restos diurnos” já foram extensamente observados em humanos e roedores durante ambas as fases do sono, tanto a nível molecular (Ribeiro et al., 1999; 2002; Ulloor; Datta, 2005; Ribeiro et al., 2007) quanto eletrofisiológico (Pavlidis; Winson, 1989; Wilson; McNaughton, 1994; Ribeiro et al., 2004; Ribeiro et al., 2007). Sabemos hoje que a interrupção da interferência sensorial que o sono induz propicia uma reverberação mnemônica que é crucial para a consolidação duradoura do aprendizado (Jenkins; Dallenbach, 1924; Diekelmann; Born, 2010).

Uma tradução neurobiológica de conceitos clássicos da psicanálise permite atualizar a famosa afirmação freudiana de que “o sonho é o caminho real para o inconsciente”: enquanto as memórias correspondem aos “conglomerados de formações psíquicas”, sua totalidade, o banco completo de memórias adquiridas pelo indivíduo (e todas suas combinações possíveis), constitui “o inconsciente”. Embora apareça nas obras de tantos outros autores, foi com Freud e Jung que o inconsciente passou a ocupar um lugar dominante na psicologia. Dois conceitos intimamente associados à obra freudiana são a repressão inconsciente e a supressão consciente de memórias. Mediante estudos de ressonância magnética funcional, descobriu-se que a supressão de memórias indesejadas pode ser detectada objetivamente e tem como correlatos neurais uma desativação do hipocampo e da amígdala, regiões cerebrais dedicadas respectivamente às memórias e emoções, através da ativação de áreas do córtex pré-frontal relacionadas à intencionalidade (Anderson et al., 2004; Depue et al., 2007).

Uma das partes mais polêmicas da teoria freudiana, que contribuiu até mesmo para afastá-lo de Jung (Freud et al., 1988), é a noção de que traumas psicológicos podem ocasionar sintomas comportamentais graves, tornando-se fatores determinantes do comportamento. Por décadas a ciência permaneceu

cética a esse respeito, mas a descoberta de alterações hereditárias na expressão gênica mediante modificações químicas do DNA dá significado tangível aos traumas. Um exemplo disso foi a demonstração de associação entre abuso durante a infância e diminuição epigenética da expressão do receptor glucocorticoide no hipocampo (McGowan et al., 2009). Nesse estudo, descobriu-se que um grupo de suicidas com histórico de abuso infantil expressava menor quantidade de receptores glucocorticoides no hipocampo, associada à metilação do promotor do gene que codifica tais receptores. Ao reduzir a taxa de transcrição do gene e consequentemente diminuir os níveis de receptores, essa metilação pode haver tornado os indivíduos menos tolerantes ao estresse, favorecendo o suicídio.

Talvez a objeção mais forte à psicanálise seja a afirmação de que seu objeto de pesquisa, o mundo das memórias e imagens mentais, é intrinsecamente inacessível à observação direta. Mas mesmo essa crítica vem sendo refutada pela pesquisa neurocientífica recente, em face dos avanços tecnológicos que permitem o estudo não invasivo da mente. O inconsciente foi completamente intangível por muitas décadas após sua concepção. Hoje em dia, a investigação do processamento cerebral inconsciente constitui um importante programa de pesquisa (Fang; He, 2005; Gaillard et al., 2009). O advento dos computadores, capazes de triturar grandes conjuntos de dados e implementar cálculos complexos, mudou completamente a dinâmica da pesquisa, capacitando sofisticados algoritmos matemáticos e abordagens de força bruta para a análise e classificação de dados. Hoje é possível classificar estados psíquicos utilizando dados de imageamento cerebral, isto é, tornou-se possível ler mentes. Isso foi demonstrado para imagens detectadas no córtex visual (Naseleris et al., 2009; Kay et al., 2008). Resultados semelhantes e ainda mais impressionantes foram obtidos em todo o córtex cerebral em indivíduos engajados apenas na mentalização de palavras (Mitchell et al., 2008). Se vivos estivessem, Freud e Jung provavelmente levariam seus pacientes para dentro de um *scanner* de ressonância magnética. No Brasil, os novos tempos se expressam na criação de um Centro de Pesquisa, Inovação e Difusão em Neuromatemática (NeuroMat) pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, voltado exclusivamente para o desenvolvimento de novas articulações entre matemática, estatística, neurociências e medicina.

Esse novo cenário resgata programas de pesquisa há muito abandonados, como a investigação sobre associações de palavras (Sigman; Cecchi, 2002; Costa et al., 2009). Finalmente é possível testar a hipótese de que diferentes estados mentais produzem distintas malhas de relações semânticas. Agora é viável, por exemplo, utilizar análise de grafos matemáticos para quantificar sintomas psicopatológicos anteriormente acessíveis apenas por meio do exame qualitativo e subjetivo realizado por especialistas (Mota et al., 2012). Esse método é útil para realizar o diagnóstico diferencial de pacientes psicóticos, separando pacientes esquizofrênicos de pacientes bipolares em fase maníaca com mais de 93% de especificidade e sensibilidade. Sintomas psiquiátricos como logorrea, alogia e fuga de pensamentos são bem captados pela análise de grafos, mesmo quando



*Imagem do sistema nervoso masculino.*

diferenças de verbosidade são descontadas. Os resultados demonstram que as alterações de pensamento em pacientes psicóticos, tais como divergência e recorrência, podem ser automaticamente medidas utilizando ferramentas da teoria de grafos.

A potencial utilidade do método se estende para muito além da psiquiatria, atingindo os vários estados mentais induzidos por drogas psicoativas, hipnose, meditação e estados oníricos. A investigação das estruturas comuns entre distintas línguas também é promissora, tais como a existência em diferentes línguas de palavras com uso polissêmico idêntico, presumivelmente enraizado nas relações invariantes dessas palavras com o corpo humano. O que parece estar agora ao alcance da ciência é de fato profundo: avaliar a dinâmica da individualidade, que se desenvolve desde a infância até a velhice, por meio de estudos longitudinais da produção de palavras capazes de distinguir meras flutuações de humor de derivas consistentes dos traços da personalidade.

### **O X da questão**

A grande síntese de saberes que caracteriza as neurociências tem diante de si, inevitavelmente, o problema da consciência. Ao longo do século passado, biologia e psicologia sustentaram a unicidade entre corpo e mente com focos bastante diversos: enquanto a primeira privilegiou o estudo do cérebro, a segunda concentrou seus esforços na compreensão dos fenômenos mentais. Não cabe aqui fazer uma revisão do assunto, que é vasto como a experiência humana e polêmico como só os problemas mal definidos podem ser. Parafraseando Cecília Meireles, consciência é algo “que não há ninguém que explique e ninguém que não entenda...”. Sabemos por dentro e por isso desconhecemos; é difícil enxergar tão de perto. O saudoso Gustavo de Oliveira-Castro (1966), pioneiro da neuromorfologia no Brasil, achava impossível até mesmo pensar sobre a consciência: “seria como a mão tentar escrever sobre a própria mão”.

Mas será mesmo impossível? Afinal, mais de cem anos depois da descoberta do neurônio, já entendemos que consciência não é uma coisa nem um lugar no cérebro, e sim um processo de fluxos iônicos distribuído por várias regiões cerebrais (Gaillard et al., 2009). É claro que todas as interações do ser com o ambiente, conscientes ou não, dependem desses fluxos. O que faz a consciência diferente da percepção ou ação inconscientes é sobretudo sua capacidade de evocar o passado e simular o futuro, criando narrativas paralelas ao presente com base na imaginação (Schacter et al., 2007). O programa de pesquisa neurocientífico para compreender a consciência avança de modo gradualista e reducionista, isolando fenômenos como a rivalidade binocular – a alternância perceptual de imagens diferentes apresentadas a cada olho – para tentar entender de que forma aspectos específicos de nossa experiência subjetiva se agregam para gerar o todo consciente (Crick, 1996; Tsuchiya; Koch, 2005).

Parte da dificuldade de abordar o problema da consciência deriva do postulado cartesiano que separa sujeito e objeto. É possível que o caminho mais

direto e revelador para entender a consciência não seja o estudo “em terceira pessoa” de sujeitos experimentais expostos a paradigmas de estimulação, mas sim a investigação simultaneamente cerebral e mental do próprio pesquisador, “em primeira pessoa”. O conceito de autopesquisa soa estranho para o biólogo tradicional, mas na psicanálise, por exemplo, é condição primeira da terapia. Um dos pioneiros dessa proposta no âmbito da neurociência é o biólogo e filósofo chileno Humberto Maturana. Há mais de três décadas ele desenvolve uma abordagem da cognição como soma de relações interdependentes e recorrentemente circulares entre corpo e ambiente (Maturana, 1983). Na década de 1960, publicou um artigo sobre visão a cores em que os experimentos eram realizados pelo próprio leitor, utilizando transparências sobrepostas em um retroprojeter (Maturana et al., 1968). A viabilidade do experimentos decorre do fato de que a visão é facilmente acessada pelo eu consciente.

Temos consciência precisa de nossos limites corporais externos, mas a percepção dos órgãos internos é quase inexistente no mundo ocidental, em contraste com a importância dada ao assunto pelo ioga indiano e tibetano, e pelo qiqong chinês. O controle de funções fisiológicas importantes por meio da meditação é reconhecido pela ciência (Wallace, 1970; Elson et al., 1977). Da mesma forma, o controle voluntário da atividade onírica ou sonho lúcido é uma habilidade que começa a ser compreendida cientificamente (LaBerge et al., 1981; LaBerge; Dement, 1982; LaBerge et al., 1986; Brylowski et al., 1989; Voss et al., 2009; Mota-Rolim et al., 2010). Mais perto do eixo central da pesquisa neurocientífica, experimentos de *neurofeedback* em que os sujeitos experimentais treinam o controle da própria atividade cerebral são realizados com diversas finalidades de reabilitação e terapia (Birbaumer et al., 2009). Embora essas abordagens ainda estejam em seus primórdios, paulatinamente a autopesquisa progride sobre os misteriosos confins da mente, munida do método experimental e da rigorosa quantificação dos fenômenos auto-observados. O tempo do cérebro prenuncia mudanças importantes no modo como crescemos, vivemos e morremos. Às novas gerações de pesquisadores cabe o desafio de integrar todo esse conhecimento em prol do bem comum.

## Referências

ANDERSON, M. C. et al. Neural systems underlying the suppression of unwanted memories. *Science*, v.303, p.232-5, 2004.

BENTALL, R. P. *Doctoring the mind: is our current treatment of mental illness really any good?* New York: New York University Press, 2009.

BIRBAUMER, N. et al. Neurofeedback and brain-computer interface clinical applications. *Int Rev Neurobiol*, v.86, p.107-17, 2009.

BREUER, J. et al. *Studies on Hysteria*. New York: Basic Books, 1895.

BRUNDIN, P.; KORDOWER, J. H. Neuropathology in transplants in Parkinson's

- disease: implications for disease pathogenesis and the future of cell therapy. *Prog Brain Res*, v.200, p.221-41, 2012.
- BRYLOWSKI, A. et al. H-reflex suppression and autonomic activation during lucid REM sleep: a case study. *Sleep*, v.12, p.374-8, 1989.
- COSTA, M. E. et al. Scale-invariant transition probabilities in free word association trajectories. *Front Integr Neurosci*, v.3, p.19, 2009.
- CRICK, F. Visual perception: rivalry and consciousness. *Nature*, v.379, p.485-6, 1996.
- CROWE, M. et al. Does participation in leisure activities lead to reduced risk of Alzheimer's disease? A prospective study of Swedish twins. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci*, v.58, p.249-55, 2003.
- DAVIE, C. A. A review of Parkinson's disease. *Br Med Bull*, v.86, p.109-27, 2008.
- DE CALIGNON, A. et al. Propagation of tau pathology in a model of early Alzheimer's disease. *Neuron*, v.73, p.685-97, 2012.
- DEPUE, B. E. et al. Prefrontal regions orchestrate suppression of emotional memories via a two-phase process. *Science*, v.317, p.215-19, 2007.
- DIEKELMANN, S.; BORN, J. The memory function of sleep. *Nat Rev Neurosci*, v.11, p.114-26, 2010.
- ELSON, B. D. et al. Physiological changes in yoga meditation. *Psychophysiology*, v.14, p.52-57, 1977.
- FANG, F.; HE, S. Cortical responses to invisible objects in the human dorsal and ventral pathways. *Nat Neurosci*, v.8, p.1380-5, 2005.
- FREUD, S. *The interpretation of dreams*. London: Encyclopaedia Britannica, 1900.
- \_\_\_\_\_. *The unconscious*. London: Encyclopaedia Britannica, 1915.
- FREUD, S. et al. *The Freud/Jung letters: the correspondence between Sigmund Freud and C.G. Jung*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press. 1988.
- GAILLARD R. et al. Converging intracranial markers of conscious access. *PLoS Biology*, v.7, 2009.
- HOLMES, C. et al. Long-term effects of Abeta42 immunisation in Alzheimer's disease: follow-up of a randomised, placebo-controlled phase I trial. *Lancet*, v.372, p.216-23, 2008.
- ILIC, D.; POLAK, J. Stem cell based therapy--where are we going? *Lancet*, v.379, p.877-8, 2012.
- JENKINS, J. B.; DALLENBACH, K. M. Oblivescence during sleep and waking. *Am J of Psychology*, v.35, p.605-12, 1924.
- JENKINS, R. B.; GROH, R. H. Mental symptoms in Parkinsonian patients treated with L-dopa. *Lancet*, v.2, p.177-9, 1970.
- JUNG, C. G. *Studies in Word Association*. London: Routledge & K. Paul, 1904-1907.
- KAY, K. N. et al. Identifying natural images from human brain activity. *Nature*, v.452, p.352-5, 2008.
- KIRSCH, I. *The emperor's new drugs: exploding the antidepressant myth*. New York, NY: Basic Books, 2010.

- KOROL, D. L.; GOLD, P. E. Glucose, memory, and aging. *Am J Clin Nutr*, v.67, p.764S-771S, 1998.
- LaBERGE, S.; DEMENT, W. C. Lateralisation of alpha activity for dreamed singing and counting during REM sleep. *Psychophysiology*, v.19, p.331-2, 1982.
- \_\_\_\_\_. Lucid dreaming verified by volitional communication during REM sleep. *Percept Mot Skills*, v.52, p.727-32, 1981
- LaBERGE, S. et al. Lucid dreaming: Physiological correlates of consciousness during REM Sleep. *J Mind Behav*, v.7, p.251-8, 1986.
- LEE, D. Neuroeconomics: best to go with what you know? *Nature*, v.441, p.822-3, 2006.
- LIU, L. et al. Trans-synaptic spread of tau pathology in vivo. *PLoS One*, v.7, p.e31302, 2012.
- LIVET, P. Rational choice, neuroeconomy and mixed emotions. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, v.365, p.259-69, 2010.
- LORENZ, K. *The natural science of the human species: An introduction to comparative behavioral research.* (The "Russian manuscript"). 1996 Edition. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1948.
- MAREZ, C. *Drug wars: the political economy of narcotics.* Minneapolis: University of Minnesota Press, 2004.
- MATURANA, H. R. What is it to see? *Arch Biol Med Exp*, Santiago, v.16, p.255-69, 1983.
- MATURANA, H. R. et al. A biological theory of relativistic colour coding in the primate retina. *Arch Biol Med Exp*, Santiago, v.1, p.1-30, 1968.
- McGOWAN, P. O. et al. Epigenetic regulation of the glucocorticoid receptor in human brain associates with childhood abuse. *Nature Neuroscience*, v.12, p.342-8, 2009.
- MITCHELL, T. M. et al. Predicting human brain activity associated with the meanings of nouns. *Science*, v.320, p.1191-5, 2008.
- MONSONEGO, A.; WEINER, H. L. Immunotherapeutic approaches to Alzheimer's disease. *Science*, v.302, p.834-8, 2003.
- MOSZYNSKI, P. Global war on drugs is a major factor driving HIV pandemic, report warns. *BMJ*, v.345, p.e4521, 2012.
- MOTA, N. B. et al. Speech Graphs Provide a Quantitative Measure of Thought Disorder in Psychosis. *Plos One*, v.7, 2012.
- MOTA-ROLIM, S. A. et al. Different kinds of subjective experience during lucid dreaming may have different neural substrates. *International Journal of Dream Research*, v.3, p.33-5, 2010.
- NASELARIS, T. et al. Bayesian reconstruction of natural images from human brain activity. *Neuron*, v.63, p.902-15, 2009.
- NUTT, D. J. et al. Drug harms in the UK: a multicriteria decision analysis. *Lancet*, v.376, p.1558-65, 2010.
- OLIVEIRA-CASTRO, G. D. Branching pattern of amacrine cell processes. *Nature*, v.212, p.832-4, 1966.

- PAVLIDES, C.; WINSON, J. Influences of hippocampal place cell firing in the awake state on the activity of these cells during subsequent sleep episodes. *J Neurosci*, v.9, p.2907-18, 1989.
- REIVICH, M. et al. The [18F]fluorodeoxyglucose method for the measurement of local cerebral glucose utilization in man. *Circ Res*, v.44, p.127-37, 1979.
- RIBEIRO, S. et al. Brain gene expression during REM sleep depends on prior waking experience. *Learn Mem*, v.6, p.500-8, 1999.
- \_\_\_\_\_. Induction of hippocampal long-term potentiation during waking leads to increased extrahippocampal zif-268 expression during ensuing rapid-eye-movement sleep. *J Neurosci*, v.22, p.10914-923, 2002.
- \_\_\_\_\_. Long-lasting novelty-induced neuronal reverberation during slow-wave sleep in multiple forebrain areas. *PLoS Biol*, v.2, p.E24, 2004.
- \_\_\_\_\_. Novel experience induces persistent sleep-dependent plasticity in the cortex but not in the hippocampus. *Frontiers in Neuroscience*, v.1, p.43-55, 2007.
- \_\_\_\_\_. Drogas e neurociências. *Boletim IBCCRIM*, São Paulo, p.15-17, 2012.
- SANTACRUZ, K. et al. Tau suppression in a neurodegenerative mouse model improves memory function. *Science*, v.309, p.476-81, 2005.
- SCHACTER, D. L. et al. Remembering the past to imagine the future: the prospective brain. *Nat Rev Neurosci*, v.8, p.657-61, 2007.
- SCHUPBACH, W. M. Neurosurgery at an earlier stage of Parkinson disease: a randomized, controlled trial. *Neurology*, v.68, p.267-71, 2007.
- SIGMAN, M.; CECCHI, G. A. Global organization of the Wordnet lexicon. *Proc Natl Acad Sci USA*, v.99, p.1742-7, 2002.
- STEVENS, A. et al. Quasi-compulsory treatment of drug dependent offenders: an international literature review. *Subst Use Misuse*, v.40, p.269-83, 2005.
- TSUCHIYA, N.; KOCH, C. Continuous flash suppression reduces negative afterimages. *Nat Neurosci*, v.8, p.1096-101, 2005.
- ULLOOR, J.; DATTA, S. Spatio-temporal activation of cyclic AMP response element-binding protein, activity-regulated cytoskeletal-associated protein and brain-derived nerve growth factor: a mechanism for pontine-wave generator activation-dependent two-way active-avoidance memory processing in the rat. *J Neurochem*, v.95, p.418-28, 2005.
- VALLADOLID-ACEBES, I. et al. High-fat diets impair spatial learning in the radial-arm maze in mice. *Neurobiol Learn Mem*, v.95, p.80-5, 2011.
- \_\_\_\_\_. High-fat diets induce changes in hippocampal glutamate metabolism and neurotransmission. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, v.302, p.E396-402, 2012.
- VOSS, U. et al. Lucid dreaming: a state of consciousness with features of both waking and non-lucid dreaming. *Sleep*, v.32, p.1191-200, 2009.
- WALLACE, R. K. Physiological effects of transcendental meditation. *Science*, v.167, p.1751-4, 1970.
- WILSON, M. A.; McNAUGHTON, B. L. Reactivation of hippocampal ensemble memories during sleep. *Science*, v.265, p.676-9, 1994.

ZINBERG, N. E. *Drug, set, and setting: the basis for controlled intoxicant use*. New Haven: Yale University Press, 1984.

*RESUMO* – No encontro entre matemática, física, química, biologia, psicologias, filosofia e artes, as neurociências fascinam o público pela possibilidade de compreensão dos mecanismos das emoções, pensamentos e ações, doenças e loucuras, aprendizado e esquecimento, sonhos e imaginação, fenômenos que nos definem e constituem. Como interpretar as novas descobertas das neurociências? O presente artigo aborda alguns tópicos de amplo interesse social: o envelhecimento, a educação, as drogas, o retorno científico à psicanálise e o problema da consciência.

*PALAVRAS-CHAVE:* Cérebro, Mente, Consciência, Memória, Psicanálise, Educação.

*ABSTRACT* – The neurosciences are at the confluence of mathematics, physics, chemistry, biology, psychology, philosophy, and the arts. They fascinate the general public due to the possibility of understanding the mechanisms of emotions, thoughts and actions, disease and madness, learning and forgetting, dreams and imagination, phenomena that define and conform us. How to interpret the new findings in neuroscience? This article discusses some topics of broad social interest: aging, education, drugs, the scientific return to psychoanalysis and the problem of consciousness.

*KEYWORDS:* Brain, Mind, Consciousness, Memory, Psychoanalysis, Education.

*Sidarta Ribeiro* é mestre pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, doutor pela Rockefeller University, com pós-doutorado pela Duke University. É professor titular e diretor do Instituto do Cérebro, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.  
@ – sidartaribeiro@neuro.ufrn.br

Recebido em 9.2.2013 e aceito em 16.2.2013.