

## O ponto de partida: a descoberta do cérebro e a escalada da neurociência

Hoje, quando nos deparamos com o cérebro, sabemos o quanto ele é absurdamente potente. Já é certa e sabida a existência de uma complexa e intrincada rede de bilhões de neurônios, que não se restringe à nossa cabeça, mas se espalha por todo o corpo formando o sistema nervoso. Sabemos que os neurônios estão em constante comunicação e são atrelados a uma vigorosa trama de suporte, as chamadas células gliais, que veremos mais adiante. Também já temos conhecimento de que essa rede fantástica e pulsante de neurônios é responsável por tudo que sentimos no mundo exterior e interior, pelo que pensamos e ainda por como nos comportamos e agimos, fazendo nosso coração bater, nossos olhos piscarem, nossos braços se moverem, organizando pensamentos, provocando emoções, possibilitando registrar e evocar memórias, produzindo dor, raiva, medo, amor.... Enfim, sabemos hoje o quão incrível o cérebro é.

### **Mas nem sempre o cérebro foi visto dessa maneira**

Pelo contrário. Houve um longo e tortuoso caminho para chegarmos até aqui. Essa visão, aliás, é bem recente. E também ainda provisória. Imagine que estamos no meio de uma escalada, avançamos muito no entendimento do cérebro e estamos em um ponto da montanha que considerávamos completamente inacessível há apenas algumas décadas. Conseguimos entender com clareza muitos dos processos que antes eram completamente ignorados e temos uma visão bem melhor daqui desse patamar sobre a neurociência. No

entanto, ainda há muito a escalar, tantos mistérios a serem respondidos, estamos longe do topo da montanha, mas em uma rápida e instigante evolução.

### O cérebro fora do roteiro

No começo, antes de se iniciar a jornada da neurociência, o cérebro era um nada. No Egito Antigo, por exemplo, ele praticamente nem existia. É claro que, de fato, biologicamente, ele já estava lá desempenhando suas maravilhosas funções, mas ninguém sabia da sua existência. A sede do saber e da inteligência era considerada o coração, tanto que, após a morte, era mantido intacto no corpo do morto durante a mumificação para que fosse preservado e carregado para outra vida. Já o cérebro, visto como inútil, era descartado. Tal era o desprezo por aquela massa disforme de consistência estranha, que ela era simplesmente jogada fora.

Na mumificação, os egípcios retiravam o cérebro com um gancho pelo nariz ou o dissolviam internamente utilizando instrumentos, injetando água e substâncias para provocar a liquefação do mesmo e facilitar a remoção. Com cérebro e vísceras retirados, haveria melhor preservação do corpo, o qual os egípcios acreditavam que deveria ser levado para a outra vida. Entre uma vida e outra, o morto passaria pelo tribunal de Osíris, onde colocaria seu coração num dos pratos de uma balança e uma pena no outro (Fig. 1.1). Se o coração pesasse mais do que a pena por estar cheio de culpa, o morto serviria de comida para o Devorador, se fosse mais leve, seguiria para a outra vida.



Figura 1.1 | Representação de Anúbis, deus egípcio, com coração e pena.

Mas também não é de se surpreender que o cérebro não tivesse nenhum *glamour* nessa época, que fosse um nada. Não dá pra falar sobre essa ideia do cérebro ser descartado sem levar em consideração que, nesse momento, não havia geladeira ou formol para impedir sua decomposição. Desta forma, rapidamente o cérebro passa a ter a textura de uma pasta, creme ou geleia, uma consistência estranha e sem forma definida, tornando realmente difícil imaginar que aquela gosma disforme poderia exercer a função da mente e controlar o corpo. Mais complicado ainda, cogitar que aquela maçaroca poderia ter algum papel de comando na vontade humana. Naquela época, acreditava-se que as emoções, os desejos e o próprio arbítrio dos homens estavam muito mais relacionados ao pulsante coração que ao melequento cérebro.

### **Coração *versus* cérebro na escalada da mente**

Na Grécia Antiga, até o século V a.C., a ideia era de que a mente humana estava dividida em diferentes partes do corpo, como revela a tradição oral preservada pelos poemas de Homero. Mas depois do século V a.C., no entanto, o pensamento grego se dividiu em duas correntes, que percorreram caminhos distintos na escalada para desvendar a mente humana. Uma que colocou a mente no coração e a outra que a alocou no cérebro. E aí sim temos o ponto de partida para a neurociência, que obviamente ainda não tinha esse nome.

A primeira corrente acreditava que a mente estava localizada no coração e que o cérebro era somente um órgão responsável pelo resfriamento do sangue. Basicamente um refrigerador. O cérebro, portanto, tinha um papel pra lá de coadjuvante nessa história, bem longe de ter o papel principal e ser visto como algo realmente importante no funcionamento do corpo humano. O maior defensor dessa linha dos chamados cardiocentristas, que colocavam o coração como o centro das mais elevadas funções humanas, foi Aristóteles, o filósofo do empirismo.

Aristóteles era adepto da investigação, da mão na massa, era bastante pragmático e queria ver o processo acontecer para então poder explicar os fatos. Era um observador da

natureza. E, embora essa seja uma característica que poderia tê-lo feito avançar muito em termos científicos, e realmente o fez em outras circunstâncias, nesse caso, foi exatamente a sua armadilha. A observação o fez pensar que o coração era o órgão responsável por abrigar a mente, especialmente porque tudo que sentimos parece se refletir no coração. O medo ou a euforia o dispara, ele bate mais rápido quando movimentamos muito o corpo, a angústia causa um aperto no peito. Por isso, o filósofo grego acreditava que os processos mentais e a inteligência fossem alocados no coração.

Hoje, depois de toda a evolução científica, fica fácil saber que o coração é pau mandado do cérebro, que os neurônios que chegam a ele são com informação só de ida, mandando: “Acelera!” ou “Diminui!”. O coração efetivamente nem pode mandar informações de volta para o cérebro como acontece em outras regiões do corpo e, portanto, não teria como comandá-lo. De jeito algum. É certo que o coração pode boicotar o cérebro caso pare de bater e o faça deixar de funcionar, mas isso ainda está bem longe de significar controlar o ser humano.

Agora, sabemos que sentimos as coisas “acontecerem” perto do coração – no peito ou na barriga – basicamente por conta das nossas vísceras, que são instrumentos reacionais do nosso corpo. Quando sentimos medo ou raiva, por exemplo, o coração acelera, temos a sensação de frio na barriga, aumenta-se a frequência da respiração. Mas, naquela época, não se tinha essa ideia, o conhecimento se baseava especialmente nos quatro elementos água, ar, fogo e terra – e toda matéria que não se manifestava através desses quatro elementos não era digna de crédito. Então, com a identificação do coração como uma bomba hidráulica, ele ganhou *status*. Era fácil ver o sangue saindo do coração e se dirigindo para todo o corpo, portanto, a mente devia estar ali: o mais valioso órgão do corpo humano.

Além disso, segundo a teoria de Aristóteles, cada matéria tem uma forma própria que apresenta estreito vínculo com sua função ou essência de ser. E a forma do cérebro não com-

binava com a alma ou a mente. Por meio da dissecação de inúmeros animais – não do homem, pois naquela época havia a crença de que dissecar humanos interferiria no processo de continuidade da alma –, Aristóteles viu como o coração tinha um papel central no corpo e constatou que era o primeiro órgão a se formar num embrião. Então, distinguiu as plantas dos animais de sangue frio e dos de sangue quente, criando uma hierarquia dos seres vivos cujo topo seria o homem, sendo que sua mente moraria em seu coração grande e quente. Para ele, nosso cérebro maior do que o de vários outros animais seria só o reflexo da necessidade do corpo de mais refrigeração, já que nossos grandes corações produziram muito calor.

Empédocles, filósofo grego, tinha uma visão parecida, definiu a alma como algo que pensa, sente prazer, dor e confere ao corpo calor. Segundo ele, a alma reside no sangue em volta do coração e ela abandona o corpo na morte, procurando morada em outro ser, como um animal ou um arbusto.

Já a segunda corrente associa a mente ao cérebro, por isso são chamados de encefalocentristas. Provavelmente, o primeiro a fazer essa associação entre o cérebro e as funções psíquicas (psique) foi Alcmeão de Crotona, um médico, discípulo de Pitágoras, e que figura entre os considerados filósofos pré-socráticos. Ele foi o primeiro a tirar a mente do coração e passá-la para o cérebro, afirmando que os sentidos estavam ligados a ele. Mas, vá com calma, embora ele tenha deslocado a mente para o cérebro, ainda não era capaz de enxergar a potência do cérebro. Alcmeão e seus seguidores não sabiam da existência de nervos, já que os gregos temiam abrir cadáveres pensando que a alma dos mortos dissecados não encontraria descanso. Como outros gregos, acreditava que em nosso corpo havia canais recheados de espírito (*pneuma*). A cada inspiração de ar, tais espíritos penetrariam no nariz, passariam pelo cérebro e chegariam ao corpo.

O grande nome dessa segunda corrente – os encefalocentristas – foi Hipócrates de Cós. Ele afirmava não apenas que a mente se localizava no cérebro, mas também fez as primeiras

observações sobre a lateralização cerebral, o que seria uma grande conquista na escalada do cérebro. Mas essa descoberta foi tão revolucionária que acabou não sendo absorvida na época. Tal proposta sobre o funcionamento cerebral foi completamente deixada de lado e só retomada mais de 2 mil anos depois, no século XIX.

Porém Hipócrates fez também outros grandes avanços, não é à toa ser considerado o pai da medicina. Foi ele quem abandonou o uso da magia para explicar as doenças e revolucionou as ciências médicas. Até essa época, a ideia da doença estava diretamente relacionada a um castigo dos deuses, um desequilíbrio da relação do homem com as divindades e, portanto, completamente fora do controle humano. A própria mitologia grega expressa essa ideia. Por exemplo, se pensarmos sobre o mito de Prometeu, que roubou o fogo de Héstitia, deu aos homens e depois foi punido por Zeus, o pai dos deuses. O temor de Zeus era de que os mortais ficassem tão poderosos quanto os deuses recebendo o fogo. Sua punição foi deixar Prometeu amarrado a uma rocha por toda a eternidade enquanto uma grande águia comia um pedaço do seu fígado todos os dias, e este se regenerava, por toda a eternidade. “Comer um pedaço do fígado todos os dias” significa, basicamente, uma hepatite. E, assim, várias doenças foram catalogadas na Antiga Grécia como castigos dos deuses.

Hipócrates rompe com essa visão e se torna o primeiro a usar recursos naturais como forma de melhorar a saúde. Foi pioneiro em aplicar a medicina fazendo tratamento com banhos, plantas, chás, infusões e em fazer com que ela começasse a ter um trato humanístico. Por conta disso, é considerado o pai da humanização da medicina, por colocar o foco no homem e na sua relação com o ambiente. Os gregos acreditavam que o corpo consistia em uma combinação de quatro elementos conhecidos como humores, cada um deles com seu fluido específico: a bile amarela, a bile negra, o sangue e a fleuma. E, para Hipócrates, a boa saúde vinha do equilíbrio desses humores.

Além de Hipócrates, outro a ser influenciado pelas ideias de Alcmeão foi o filósofo idealista Platão, que situou no cérebro as sensações, as percepções e os pensamentos. No entanto, entre os cardiocentristas e os encefalocentristas, a princípio, quem venceu a queda de braço foram os primeiros. A escola de Aristóteles, que via o coração como sede da mente – e que inclusive era discípulo de Platão, mas discordava dele – acabou ganhando as graças da escola de Alexandria, no Egito, que foi o berço do conhecimento científico, e influenciou a maior parte dos estudos seguintes. Ponto pro coração.

### **A descoberta (e a encoberta) do sistema nervoso**

Alguns anos após a morte de Aristóteles, surgem Herófilo de Calcedônia e Erasítrato de Chio, considerados respectivamente o pai da anatomia e o pai da fisiologia. Juntos dissecam centenas de cadáveres humanos, superando o tabu sobre a continuidade da alma, e descrevem pormenorizadamente várias partes do corpo humano e do cérebro proporcionando um enorme avanço científico.

Mas a revelação mais sensacional dessa dupla foi a descoberta do sistema nervoso, até então ignorado. Eles perceberam fibras que saíam do crânio e da espinha e se espalhavam por todo o corpo. E, então, distinguiram nervos de vasos sanguíneos, diferenciaram nervos motores dos sensitivos e revelaram os ventrículos, “buracos” no cérebro, que para eles parecia o local certo para receber o fluxo dos espíritos e abrigar o intelecto humano. Acreditavam que, a partir dos ventrículos, os espíritos fluiriam para os nervos, que seriam ocos, e em seguida para os músculos, inchando-os e fazendo-os mover o corpo. A percepção de um sistema que integrava todo o corpo foi um avanço e tanto para a neurociência. Ainda que essa visão do ar ou espíritos como motor do sistema fosse um tanto equivocada, passaram a pensar o corpo como um sistema complexo e integrado.

No entanto, o nascimento de Jesus Cristo e a disseminação do Cristianismo, foi um banho de água fria para a neurociência: houve a proibição da abertura do corpo humano e

da dissecação de cadáveres. Foi como encobrir novamente o sistema nervoso. Abrir o corpo humano passa a ser inconcebível, considerado um sacrilégio, afinal, qual seria a função de investigar a obra perfeita de Deus? Para os cristãos, nenhuma. E tal proibição foi como cortar as cordas na escalada da neurociência, como tirá-la dos trilhos, retrocedendo do avanço e provocando imensa estagnação ao seu desenvolvimento.

Os árabes e judeus continuaram a fazer investigação de corpos, especialmente no Oriente Médio, porque não sofreram tal influência cristã. E também no Oriente houve avanços por outra abordagem, sob a perspectiva energética, que é a base da Medicina Oriental, dando origem a acupuntura, shiatsu, do-in, mas que não têm vínculo direto com a neurociência.

Somente 400 anos depois de Herófilo e Erasítrato é que surge um médico chamado Galeno de Pérgamo, que viaja da Turquia até a Alexandria procurando ensinamentos dos dois. Mas, mesmo assim, ao contrário de seus inspiradores, Galeno não disseca cadáveres humanos, já que em Roma isso também não era permitido, disseca apenas animais. Foi até um bom anatomista, pois como médico de gladiadores observava através das fendas de ferimentos de luta o funcionamento dos órgãos, mas fazia uma mistura das ideias de Platão e Aristóteles com os ensinamentos de Hipócrates, Herófilo e Erasítrato para criar sua teoria, a doutrina ventricular, que defendia a localização das funções mentais nos ventrículos cerebrais.

Galeno prendia-se aos humores, os elementos em ação ligados a bile negra, bile amarela, fleuma e sangue. Segundo ele, havia uma alma vegetativa do fígado, que controlava prazer e desejos; uma alma vital do coração, responsável pelas paixões e coragem; e uma alma racional da cabeça, sendo que a inteligência se encontrava nos espaços vazios desta. Para Galeno, espíritos animais passavam pelos ventrículos cerebrais e, quando se desequilibravam os fluxos, era preciso fazer purgações e sangrias para levar os humores de volta a seus lugares. Trabalhava com respiração, com banhos, sangria e influenciou fortemente a medicina no início da era cristã,

tendo apoio da Igreja e do clero que relacionavam as três almas à Santíssima Trindade.

A medicina galênica durou cerca de mil anos, afastando a medicina da questão do corpo, e até mais que isso, colaborando para a visão do mesmo como algo sujo, pecaminoso, que não é digno de atenção e que seria muito menos importante do que a alma, o espírito. Passou-se a ter uma visão deturpada da matéria, como algo ruim e qualquer um que resolvesse estudá-la seria malvisto. Os materialistas – estudiosos da matéria, do corpo – eram os não-religiosos, os descrentes, os degenerados. Nesse sentido, o pensamento biológico e médico é praticamente extinto na Idade Média.

De fato, toda a ciência sofre um grande abalo com uma supervalorização da religião, da fé, dos dogmas, da vontade divina, em detrimento da pesquisa científica, do empirismo e da razão. A teoria galênica foi por muito tempo um obstáculo ao avanço intelectual e contribuiu inclusive para uma degradação da condição física do homem, uma debilitação geral das condições de saúde, haja vista as pestes e o alastramento de doenças na Idade Média.

Somente em 1537 é que Galeno vai começar a ser questionado e o corpo volta a ganhar a atenção. Mas ainda longe dos holofotes. Um jovem anatomista chamado Andreas Vesalius começa a perceber que o trabalho de Galeno era suspeito, apresentava erros e, ao estudar mais a fundo, descobre cerca de 200 elementos na anatomia de seu esquema de ser humano que na verdade pertenciam a animais, como porco, cachorro e macaco. Depois disso, Vesalius refez por completo o trabalho de Galeno, dissecando cadáveres humanos e publicando um atlas da anatomia chamado *De Humani Corporis Fabrica Libri Septem*, que é um marco da neuroanatomia, com ilustrações estruturais rigorosas e precisas, descrevendo áreas que nunca haviam sido descritas. Vesalius se torna, então, um médico famoso na Europa. Era o corpo revelado!

Mas seu modelo, mesmo contribuindo muito para o avanço da ciência, ainda tinha algumas falhas, pois ele não

retirava o cérebro inteiro do crânio, mas o fazia fatiando-o. De qualquer forma, houve uma grande elevação no patamar neurocientífico. No entanto, mesmo com suas imensas contribuições, as ideias da teoria de Galeno ainda persistiram e foram amplamente utilizadas até cerca de 1600 ou mais. Só bem aos poucos os desenhos de Vesalius foram sendo copiados e disseminados em universidades, o que difundiu tal conhecimento em várias localidades, dando força ao movimento de entender o corpo.

### **Novo mapa do universo e do corpo**

Durante a Idade Média, apesar de uma desaceleração das ciências, houve grande desenvolvimento da astronomia. Essa ciência era até incentivada pela Igreja, como forma de buscar Deus, observando as estrelas. E, então, no início da Idade Moderna, Nicolau Copérnico transformou a visão de mundo do seu tempo, mudando a anatomia do universo ao criar o sistema heliocêntrico em substituição ao geocêntrico, ou seja, ao revelar que o centro do sistema não era a Terra e sim o sol, contestando o que sugeria o astrônomo grego Ptolomeu.

Além disso, em 1610, Galileu Galilei ao aperfeiçoar o telescópio de refração (o *perspicillum*), muito mais poderoso do que qualquer outro da época, suscitou a seguinte reflexão: se há estrelas que não podem ser vistas a olho nu, deve haver muitas outras coisas que, apesar de existirem, não podemos enxergar. Também nos deu a noção da pequenez do ser humano em relação ao universo grandioso, reforçando a ideia de que somos só indivíduos minúsculos dentro de um pequeno planeta do enorme universo. Essa proposição, provocada por essa nova tecnologia, foi revolucionária e mudou a maneira de pensar da época, abrindo caminhos para novos conceitos sobre o cérebro e a alma, assim como despertando para o fato de que o cérebro pode ser responsável pelo controle do comportamento humano. Essa era uma grande transformação na história do cérebro! Além disso, houve ainda o surgimento do microscópio que possibilitou ver coisas que nossos olhos não são capazes por si só e ampliar nosso

conhecimento sobre os seres vivos. Ideias que provocaram uma grande revolução.

Apesar das transformações começarem a acontecer, a grande maioria ainda não enxergava potencial algum no cérebro. De acordo com Carl Zimmer o filósofo inglês Henry More chegou a declarar por volta de 1660 que esse miolo ou tutano lasso na cabeça de um homem não demonstra mais capacidade de pensar do que uma barra de sebo ou um pote de coalhada.

No Renascimento, período de transição entre o feudalismo e o capitalismo, há uma intensa retomada das referências da Antiguidade Clássica com o movimento Naturalista, norteando uma progressiva diminuição da influência do dogmatismo religioso sobre a cultura e a sociedade combinada a uma crescente valorização da racionalidade, da ciência e da natureza. Neste processo de voltar a valorizar o ser humano, o estudo do corpo “ganha corpo”. Pega carona com as artes e tem grande evolução. Muitos dos artistas, como Leonardo Da Vinci e Michelangelo dissecavam corpos com a justificativa de estudar a anatomia humana para melhor elaborar suas obras, especialmente pinturas e esculturas envolvendo o corpo. O *Homem Vitruviano* de Da Vinci, por exemplo, é um detalhado esquema do corpo humano vinculado a um estudo matemático de proporções para que ele pudesse reproduzir em suas pinturas, esculturas e que também influenciaria seus protótipos e maquinários posteriormente.

Especula-se ainda que alguns dos mestres do Renascimento esconderam em suas obras imagens anatômicas do cérebro, dentre esses artistas estão Michelangelo Buonarrotti e sua *A Criação de Adão* portada no teto da Capela Sistina (Fig. 1.2), ou Gerard David, com a sua *Transfiguração de Cristo* que se assemelha a uma secção coronal do cérebro. Nesse período da trajetória da ciência, já se sabia muito sobre sistema circulatório, coração, vasos sanguíneos, artérias, intestinos, músculos... Mas a neuroanatomia ainda andava a passos lentos.

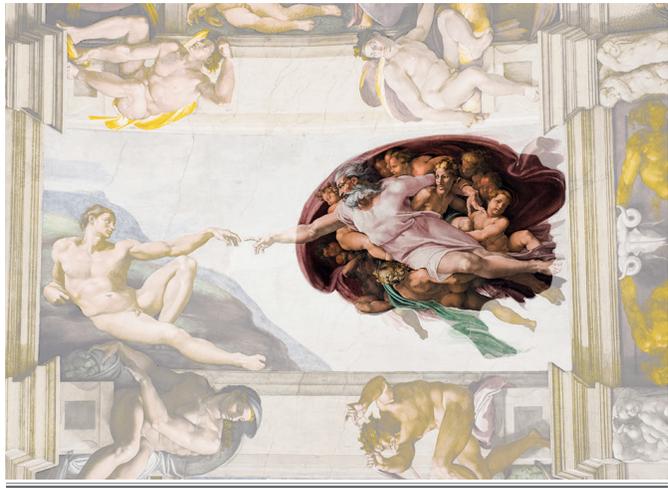


Figura 1.2 | Afrescos renascentistas de Michelangelo, Capela Sistina, Palácio do Vaticano.

## A encruzilhada mente e cérebro

Finalmente, no século XVII, o caldo da neurociência começou a engrossar, quando o famoso filósofo René Descartes, que inaugurou o pensamento científico com o *Discurso do Método*, desenvolveu sua teoria dualista sobre o homem e criou a desculpa necessária para que se estudasse o corpo sem comprometer a alma. O objetivo de Descartes era investigar o corpo e como se dava o seu funcionamento e, para isso, começou por estudar os movimentos reflexos. Mas a Igreja não gostou nada dessa ideia de que alguma reação humana poderia ser reflexa, não fundamentada por pensamentos ou que o comportamento pudesse ser automático. Blasfêmia!

Então, para poder estudar o corpo sem restrições da Igreja, ele desenvolve uma teoria de que corpo e mente são separados, constituem-se de duas substâncias diferentes – a *res cogitans* (mente) e a *res extensa* (corpo). Era uma saída para estudar o corpo sem correr o risco de ir para fogueira. E, assim, consegue o aval para estudar o corpo humano, gera precedentes e cria uma tendência muito forte de investigação científica, que influencia muitos pesquisadores e promove avanço das ciências. A separação entre corpo e mente

marcaria profundamente a cultura ocidental, de forma que permanece até hoje.

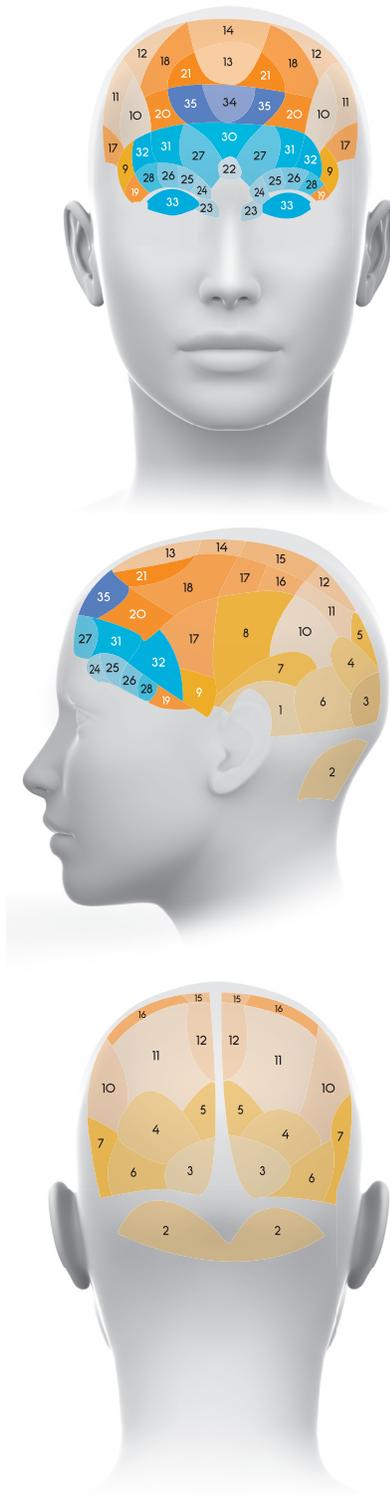
Por outro lado, também se posicionam os materialistas, ou monistas, que acreditavam que corpo e mente eram uma mesma substância, ou seja, a mesmíssima coisa. E formulavam suas teorias considerando o cérebro como substância única responsável pela expressividade da mente humana.

Ainda no XVII e também no XVIII, os cientistas passaram a dar importância à substância cerebral e começam a observar que o tecido do cérebro era dividido em substância branca e cinzenta, sendo que a branca tinha continuidade com os nervos do corpo, levando e trazendo informações para a substância cinzenta. No início do século XVIII, Luigi Galvani e Bois-Reymond demonstraram que os músculos se movimentavam quando os nervos eram estimulados eletricamente e também que o encéfalo podia gerar eletricidade, derrubando a teoria de que o cérebro humano funcionava graças a fluidos, ou sopros, ou espíritos. O tempo da cabeça de vento ou de “refrigerador” fica pra trás.

No final do século XVIII, o sistema nervoso já havia sido completamente dissecado. Percebeu-se que todos os indivíduos tinham o mesmo padrão de giros e sulcos que são as protuberâncias e reentrâncias do cérebro e que o cérebro podia ser dividido em lobos (partes) e mapeado. Assim, inicia-se a longa jornada da discussão da localização das funções cerebrais em áreas específicas do cérebro.

### Onde é que fica o quê?

Em se tratando de teorias localizacionistas – que procuram descobrir onde fica localizada cada função do cérebro –, Franz Gall é aquele que melhor representa essa corrente, pelo seu pioneirismo. E vale ressaltá-lo também como um grande “tropeço” da neurociência. O anatomista austríaco criou a cranioscopia, posteriormente denominada frenologia (Fig. 1.3). Ele foi pioneiro no estudo da localização das funções mentais nas regiões do cérebro – o que seria uma enorme contribuição. Seria. Não fosse pelo fato de que ele desenvolveu um método completamente equivocados para



## Emoções

### Propensões

1. Destrutividade
2. Atratividade
3. Amor por crianças
4. Adesividade
5. Constância
6. Combatividade
7. Secretibilidade
8. Suscetibilidade
9. Construtividade

### Sentimentos

10. Cautela
11. Conforto
12. Autoestima
13. Benevolência
14. Veneração
15. Firmeza
16. Consciência
17. Esperança
18. Desejo
19. Idealização
20. Alegria
21. Imitação

## Inteligência

### Percepção

22. Individualidade
23. Forma
24. Tamanho
25. Peso e estabilidade
26. Cor
27. Localidade
28. Ordem
29. Número
30. Eventualidade
31. Tempo
32. Afinação
33. Língua

### Reflexão

34. Comparação
35. Causalidade

*Figura 1.3 | Frenologia: teoria localizacionista equivocada de Franz Gall que apalpava o crânio para descobrir a personalidade.*

adivinhar a personalidade e o desenvolvimento de faculdades mentais, e até morais, de uma pessoa de acordo como o formato de seu crânio, apalpando-o. E também pelo detalhe nada insignificante de que as funções que ele apontava para determinadas áreas cerebrais nada tinham a ver com suas verdadeiras funções descobertas mais tarde. Um significativo tropeço neurocientífico.

A frenologia baseava-se na ideia de que as faculdades mentais e também os comportamentos (como coragem, autoestima, benevolência...) estariam localizados em órgãos cerebrais na superfície do crânio e poderiam ser detectados pela inspeção visual e tátil do mesmo, analisando as proeminências no cérebro que resultariam do maior desenvolvimento de cada comportamento do indivíduo. Por exemplo, um indivíduo muito bom, teria um calombo na área da benevolência, pois seu cérebro se desenvolveria mais nessa parte. Apesar de logo ser tido como charlatão e contar com o descrédito da comunidade científica, Gall ganhou dinheiro com suas aferições cerebrais e teve uma carreira promissora apalpando a cabeça das pessoas.

Ainda na linha localizacionista, mas estes sim avançaram verdadeiramente nessa área, destacam-se estudos de Paul Broca e Karl Wernicke. Broca, em 1861, relatou o caso de um paciente que tinha lesão na região da parede posterior do lobo frontal, que não apresentava problema motor em sua língua, boca, nem cordas vocais, mas era incapaz de falar frases completas ou de expressar seu pensamento por escrito (afasia motora). Partindo disso, Broca apontou que a função da linguagem estaria localizada nesta região específica. Pouco mais tarde, Wernicke descreveu lesões da parte posterior do lobo temporal em que os pacientes tinham capacidade de falar, mas não de compreender o que falavam (afasia sensorial), o que o levou a determinar que a área motora da fala estaria na região apontada por Broca – que inclusive leva seu nome –, enquanto a interpretação estaria na área descrita por ele mesmo, denominada área de Wernicke. Um avanço e tanto para compreender a linguagem!

## **A mente ganha espaço**

No final do século XIX, Will James, que é considerado o pai da psicologia, escreve os *Princípios da Psicologia*, no qual fala sobre fluxos da consciência, vontade e desenvolve uma teoria sobre as emoções, misturando em sua obra fisiologia, psicologia e filosofia. Sua psicologia era muito relacionada à fisiologia, era um funcionalista e materialista, que queria explicar o fenômeno mental a partir do corpo. As primeiras linhas da psicologia seguem uma corrente materialista, como Wilhelm Wundt, considerado um dos fundadores da psicologia experimental, que publicou o livro *Princípios de Psicologia Fisiológica*, em 1873, com o intuito de demarcar um novo domínio da ciência. Essa linha materialista de James e Wundt na psicologia vai dar origem mais tarde ao behaviourismo e à psicologia comportamental.

Por outro lado, temos o surgimento das ideias de Sigmund Freud, pai da psicanálise. Com Freud, a separação entre corpo e mente se aprofunda de maneira brutal. A psicanálise é, em essência, mentalista, ela considera o funcionamento da mente independente do cérebro. Isso não significa que Freud não respeitasse o cérebro, ele era um neurologista, mas sabia que as pesquisas sobre o cérebro eram muito mais lentas do que a velocidade em que se descobria a psicodinâmica, os processos mentais, a forma como a mente se constitui no desenvolvimento e, por isso, partiu por esse caminho. O estudo da psicanálise é teórico, não empírico. Isso não quer dizer que não traga contribuições significativas, mas que é preciso encará-la como tal e testar empiricamente suas teorias para que sejam comprovadas ou refutadas pela neurociência do século XXI.

## **Neurônio à vista**

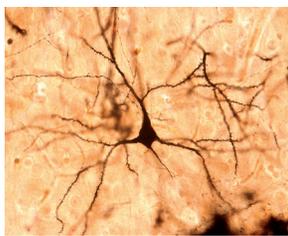
Outro grande salto da neurociência se deu com o italiano Camilo Golgi. O histologista desenvolveu uma técnica de tingimento de tecidos nervosos com nitrato de prata que possibilitou identificar as células nervosas, ver os neurônios individualmente, e provocou uma revolução no estudo desses tecidos, com grande avanço na estrutura e anatomia microscópica do cérebro.

Até então, e olha que já estávamos no final do século XIX, não sabíamos do que exatamente era feito o cérebro. Conheíamos bem toda a estrutura celular do corpo humano, anatomia e fisiologia de todos os órgãos, mas não tínhamos visto uma única célula do sistema nervoso, o neurônio. Isso porque o neurônio não se tingia com as técnicas de histologia clássicas que eram utilizadas para analisar outras partes do corpo humano ou de animais.

Quando se colocava um corte de cérebro em uma lâmina no microscópio, não era possível enxergar os neurônios, viam-se só as células da glia, que não são as células principais do sistema nervoso, e isso impossibilitava entender seu funcionamento. Até que Golgi cria essa nova forma de tingimento, que é chamada inicialmente de técnica da reação negra, e torna possível ver, pela primeira vez em uma lâmina, uma formação neuronal. E fez-se luz na neurociência! Foi possível enxergar o neurônio (Fig. 1.4)! Portanto, só na entrada do século XX é que se começa a relacionar a estrutura física do neurônio com a geração da atividade elétrica no cérebro.

A técnica de Golgi foi usada posteriormente pelo neuroanatomista espanhol Santiago Ramón y Cajal, que melhorou a maneira de colorir as células com uma dupla impregnação no tingimento, possibilitando enxergar melhor o neurônio no microscópio e descobrir uma série de novos fatos sobre a organização do sistema nervoso e o desenvolvimento da sua “doutrina dos neurônios”. Cajal era exímio desenhista e fez desenhos extraordinários dos neurônios que marcaram profundamente a história da neurociência. Juntos Golgi e Cajal receberam o Prêmio Nobel de Fisiologia ou Medicina em 1906.

E, agora que era possível ver o neurônio, no ano de 1909, o inglês Charles Scott Sherrington enxerga a sinapse – a comunicação entre neurônios – e dá nome a ela, abrindo as portas para a compreensão do funcionamento do sistema nervoso. Ele estabeleceu com sua teoria que o sistema nervoso poderia ser compreendido como uma única rede interligada. Além disso, descobriu que temos sistemas inibitórios de movimento, ou



*Figura 1.4 | Imagem de neurônio piramidal feita com técnica de Golgi.*

seja, que não só temos neurônios que mandam informação, mas estruturas hierárquicas de controle, em que as instâncias superiores comandam as inferiores, modulando a ação e sua intensidade. Isso significa dizer que existem sinais excitatórios e sinais inibitórios que proporcionam tal modulação.

Sherrington fez essa descoberta a partir do fato de que algumas lesões de nervos, ao invés de fazê-los perder a possibilidade de contrair, provocavam contrações – o que lhe pareceu surpreendente. Sua curiosidade sobre o fato foi a chave para a revelação dos sistemas inibitórios. E essa foi uma grande evolução para o entendimento do sistema nervoso. Compreender que o mesmo sistema que nos faz ficar em pé, quando desligado, nos faz ficar sentado. Em 1932, Sherrington recebe o Prêmio Nobel da Medicina por sua fantástica descoberta!

### **Caminhos inesperados da ciência**

Ainda no século XX, a neurociência avança por caminhos inesperados. Por exemplo, surgem as pesquisas do russo Ivan Pavlov, que estuda os reflexos condicionados. Ao contrário do que muitos pensam, Pavlov não estava pesquisando sobre aprendizagem em suas investigações, mas era um fisiologista que estudava o controle da saliva em animais. Ao estudar a produção de saliva em cães expostos a vários tipos de estímulos, Pavlov percebeu que, com o passar do tempo, a salivação passava a ocorrer não apenas em resposta a alimentos oferecidos, mas em elementos relacionados a situações que anteriormente não causavam tal comportamento. Os animais passavam a salivar apenas com o som dos passos de seu assistente que levava a comida ou quando havia a apresentação da tigela do alimento. A partir dessas observações, realizou experimentos em situações controladas de laboratório e desenvolveu sua teoria sobre o mecanismo do condicionamento clássico.

A ideia básica do condicionamento clássico de Pavlov consiste em que algumas respostas comportamentais são reflexos incondicionados inatos, enquanto outras são reflexos condicionados, aprendidos através da conexão ou emparelhamento com situações agradáveis ou aversivas que

acontecem de forma simultânea ou imediatamente posterior. Através da repetição, é possível criar ou remover respostas fisiológicas e psicológicas em seres humanos e animais. Essa descoberta foi bastante significativa e amplamente utilizada no tratamento de fobias, em anúncios publicitários, entre outras aplicações da medicina.

Também aconteceu de forma inesperada a descoberta de James Papez. O neuroanatomista americano estava investigando o olfato e acabou descobrindo o circuito límbico, que hoje sabemos que é o sistema emocional. Em ciência, muitas vezes atira-se para um lado e acerta-se outra coisa. E, neste caso, foi um grande tiro para o entendimento das emoções.

### Mapeando o cérebro dos vivos

Com o desenvolvimento da neurociência, avançam as cirurgias no cérebro e o mapeamento de suas regiões não mais em cadáveres, mas em indivíduos vivos, especialmente os epiléticos, que eram uma grande preocupação do momento. Nessa época não havia medicação antiepilética e a qualidade de vida dos pacientes acometidos pelo transtorno era bem ruim e dramática. Foi então que, em 1909, Harvey Cushing, tentando beneficiar pacientes epiléticos, montou um eletroencefalógrafo – um aparelho que continha eletrodos para serem colocados no escalpo (pele por cima da cabeça) e que conseguia detectar a atividade elétrica do cérebro. Como a epilepsia é uma atividade muito exuberante e errática, era possível perceber em que região ela tinha começado e então se abria o cérebro e retirava-se essa parte como forma de profilaxia aos ataques epiléticos. A retirada de partes do cérebro teve muitos sucessos, em termos de diminuição ou extinção das convulsões, mas os responsáveis também começaram a perceber os efeitos colaterais dela: perda do movimento de um braço, mão ou pé, perda de consciência... E, assim, iniciaram o mapeamento do cérebro, descobrindo as funções de cada região.

Logo perceberam que poderiam fazer esse mapeamento em plano cirúrgico, ou seja, durante uma cirurgia, já que o

cérebro não tem receptores de dor. Então, anestesiando-se a pele, pode-se mexer no cérebro sem que o paciente sinta. Assim, Cushing começou a fazer estimulações elétricas em várias áreas do córtex cerebral para ver o resultado. Estimulava um local, mexia o braço; outro, o pé. E, assim, relacionou-se estrutura e função mais facilmente.

Também foram de fundamental importância para o mapeamento do cérebro os trabalhos de Korbinian Brodmann, neurologista e psiquiatra alemão. Tendo em vista que cada parte do cérebro fazia uma coisa diferente, Brodmann analisou o córtex cerebral, que é a parte mais externa do cérebro (córtex significa casca), e verificou que áreas distintas tinham diferentes camadas e constituições. Ele percebeu que em algumas partes a primeira camada era maior, em outras menor, que o número de camadas variava, entre outras coisas. Apenas a título de ilustração, era como se pegássemos o córtex, esticássemos e alisássemos com ferro de passar roupa, achatando-o na horizontal como um bolo. O bolo do córtex teria pedaços com mais cobertura, outros com mais recheio e outros com mais massa. E foi percebendo tais diferenças nos pedaços do cérebro que Brodmann construiu seu chamado mapa citoarquitetônico (que mostra a arquitetura das células no tecido), descrevendo o que tinha em cada pedacinho do cérebro.

Apesar de, à primeira vista, o cérebro parecer homogêneo, descobriu-se que não era: Brodmann dividiu-o em cerca de 50 áreas com diferentes arquiteturas celulares. E isso evidenciou a relação da estrutura das partes do cérebro com suas funções. O arranjo dos neurônios e até a forma deles têm a ver com o que aquela parte do cérebro faz. Ao nascimento, o cérebro todo é muito parecido, mas, à medida que ele vai sendo utilizado, alguns neurônios morrem, outros aumentam de tamanho, especializam-se e o uso modela a arquitetura de cada região. Existem algumas especializações dos neurônios ao nascer, mas grande parte do cérebro é como se fosse uma massa de modelar que, dependendo do que está acontecendo no mundo, vai sendo moldada para uma ou outra coisa. Brodmann passou a vida cortando e analisando pedacinhos de cérebro no mi-

croscópio e descobrindo o que tinha em cada pedaço. Depois, com o passar do tempo, percebeu-se que muitas das áreas de Brodmann estavam equivocadas em termos de função e elas foram sendo alteradas.

Outros pesquisadores mapearam o cérebro de várias formas: a partir da estrutura do próprio cérebro, a partir dos tipos de células, a partir das conexões entre os neurônios... E, dependendo da forma escolhida, tem-se um mapa bastante diferente. Até hoje, neurocientistas não conseguem chegar a um consenso sobre o número de áreas cerebrais e, mais difícil ainda, sobre suas funções. Mais recentemente, a comparação de mapas de diferentes pontos de vista – estrutura, células, conexão... –, acrescida de estudos eletrofisiológicos em animais e pacientes neurocirúrgicos, tem ajudado a mapear mais profundamente o cérebro e, com tal combinação de dados, apontar prováveis funções para determinadas áreas, algumas com mais e outras com menos certeza. Muitas descobertas foram feitas, mas ainda há muito a se evoluir nesse sentido. De qualquer forma, o mapa de Brodmann foi de extrema importância para a compreensão de muitos mecanismos cerebrais.

### **Lobotomia: retirando do mapa uma parte do cérebro**

Enquanto Brodmann estava no laboratório classificando pedacinhos do cérebro, os cirurgiões continuavam operando o cérebro. E, de repente, descobriram uma técnica, que foi muito desenvolvida por António Egas Moniz a partir de 1930: a famosa e polêmica lobotomia. A lobotomia (lobo=cérebro, tomo=pedaço) consiste em tirar um pedaço do cérebro que não está funcionando bem, na tentativa de se resolverem problemas como a epilepsia e psicoses. Também foi desenvolvida a leucotomia, em que não se tirava o pedaço do cérebro, mas cortavam-se as conexões entre determinadas áreas, impedindo a comunicação.

Egas Moniz descobriu que se pegasse alguém com comportamento psicótico, esquizofrênico ou com uma alteração de comportamento muito robusta e fizesse uma cirurgia bem simples, que era colocar o leucótomo por uma trepanação (um buraco no crânio) e cortar um pedaço dele, poderia resolver tais

problemas. No entanto, o que acontecia é que muitos dos operados ficavam meio apáticos, mas ainda assim o procedimento era visto como um ganho para os familiares, pois os pacientes não seriam tratados como loucos e colocados em hospícios que não tinham a mínima estrutura e cuidado com eles. Egas Moniz foi o pioneiro da psicocirurgia para controle de pacientes psicóticos.

Mas, ao mesmo tempo em que acontecem tais cirurgias, a psicanálise está se desenvolvendo e tem outras propostas para esquizofrênicos e psicóticos. A lobotomia fez com que passássemos a tratar a epilepsia, uma doença do cérebro, com cirurgia. Mas também fez que passássemos a tratar a “loucura”, as psicoses, consideradas doenças da mente, com cirurgia no cérebro – e com sucesso. Isso gerou grande conflito na psicologia. Psicanalistas começam a dizer que os cirurgiões estavam mutilando as pessoas erroneamente já que o problema não seria no cérebro e sim na mente. Esse momento marca o afastamento completo do estudo do cérebro e do estudo do comportamento e da mente humana, havendo uma cisão entre esses dois tipos de pesquisadores e especialistas.

Para complicar a discussão, nas décadas de 50 e 60, começam a surgir drogas que contribuem ainda mais para a cisão entre os dois campos. Mentalistas dizem: “estão medicalizando a doença mental”, mas os antipsicóticos começam a levar os doentes de volta para casa, fornecendo mais qualidade de vida. E, mais uma vez, a descoberta foi por acaso. Estavam utilizando uma droga chamada prometazina, que é um anti-histamínico (contra alergias), para acalmar ou sedar pacientes, já que não havia ainda uma droga antipsicótica. Em testes, fizeram uma mudança na molécula e criaram a clorpromazina, que é uma molécula muito parecida e eles achavam que teria o mesmo efeito como anti-histamínico. Quando ela foi administrada, surpreendentemente, os pacientes psicóticos tiveram grande melhora. Em seguida, veio o droperidol, entre outros, e atualmente temos um arsenal de antipsicóticos para diferentes tipos de pacientes psicóticos. O desenvolvimento foi tão grande que, hoje, quem ainda

apresenta psicose é porque está sem tratamento médico ou com tratamento inadequado.

A grande discussão dos séculos XIX e XX se deu entre os que acreditavam que corpo e mente eram como uma coisa só e aqueles que viam como duas coisas separadas. Tal discussão ganha muita relevância e desencadeia uma divisão que teria consequências enormes para o pensamento científico, a filosofia, a religiosidade e, principalmente, para a prática clínica da medicina e da psicologia. Essas duas correntes filosóficas, a monista e a dualista, orientaram as ciências humanas e as ciências naturais a seguirem caminhos bem distintos para responder perguntas sobre a natureza do homem, seu comportamento, suas doenças psíquicas ou neurológicas e como classificá-las e tratá-las.

De um lado, neurologistas, psicólogos e cientistas como Paul Broca, William James, Wilhelm Wundt, Karl Wernicke, Santiago Ramón y Cajal, Charles Sherrington, Korbinian Brodmann, James Papez, Harvey Cushing, Wilder Penfield, Egas Moniz, entre outros, debruçaram-se sobre a fisiologia do corpo humano e especialmente sobre o cérebro para explicar processos de aprendizagem, comportamento, desenvolvimento e patologias. Do outro, os dualistas que consideravam a psique, o espírito e a existência de outras manifestações não materiais da mente humana, construindo o conceito de psicodinâmica. Assim, Josef Breuer, Sigmund Freud, Otto Rank, Alfred Adler e Carl Jung desenvolveram a psicanálise e o estudo do funcionamento da mente sem referência alguma aos estados e elementos orgânicos, nem mesmo o próprio cérebro.

### Para falar sobre neurociência

Com o avanço das pesquisas sobre o sistema nervoso, percebe-se a complexidade do tema e a dificuldade em estudá-lo. Fica evidente, portanto, a necessidade de se transcender questões biológicas e congregar áreas bastante distintas como a psicologia, as ciências sociais, econômicas, da informação, envolvendo de eletroquímica à filosofia, de pro-

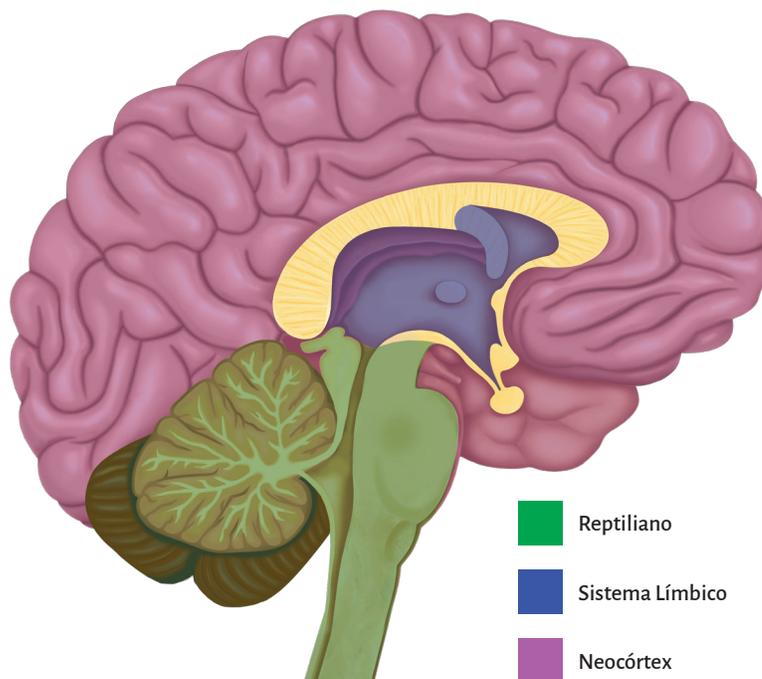
cessos intracelulares ao comportamento, de consumo à linguística, de antropologia à inteligência artificial. Enfim, associa-se o cérebro e os processos mentais às mais distintas áreas do conhecimento em busca de respostas para a compreensão de seu funcionamento. Desta maneira, surge uma nova ciência, bastante abrangente e interdisciplinar: a chamada neurociência. O sistema nervoso – ao contrário do circulatório (não temos uma cardiociência, por exemplo) ou digestivo – dada a sua complexidade exigiu a criação de uma ciência própria, com muitas facetas, integradora de várias áreas bastante diversas.

Então, em 1970, surge um dos primeiros grandes eventos para a discussão e desenvolvimento da neurociência e a criação da entidade chamada “Society for Neuroscience” com o objetivo de alavancar as pesquisas e discussões sobre o sistema nervoso. Com o passar dos anos, a sociedade foi crescendo e hoje reúne cerca de 36 mil afiliados de mais 95 países.

Ainda na década de 70, Paul MacLean desenvolveu o conceito de cérebro trino. Ele divide o cérebro humano em três partes (Fig. 1.5): 1 - o cérebro reptiliano, mais primitivo, instintivo, responsável pela sobrevivência e emoções primárias como fome e sede, capaz de responder apenas com reflexos simples como nos répteis; 2 - o cérebro límbico ou emocional, que seria o dos mamíferos inferiores, responsável pelas emoções; 3 - o neocórtex, cérebro mais recente e racional, responsável por tarefas intelectuais que só os seres humanos dominam e que seria a parte do cérebro capaz de pensar abstratamente e produzir invenções.

MacLean tinha estudado na escola russa. Os mapas funcionais russos mostravam uma estrutura que colocava a especialização humana como uma relação hierárquica com as outras partes do cérebro. Ele é o primeiro a falar que a diferença entre um animal e um ser humano não está na mente e sim no próprio cérebro. Isso fortalece a cisão entre monistas e dualistas, pois tal ponto de vista era considerado uma heresia, dizer que a diferença entre um ser humano e um

animal não é a alma, não é a mente, mas “apenas” o próprio cérebro, era um absurdo para a época.



*Figura 1.5 | Cérebro trino: reptiliano, límbico e neocórtex.*

### **A revolução neurocientífica**

Foi na década de 80 que tivemos o início das neuroimagens. Tais imagens foram revolucionárias para a compreensão do funcionamento do cérebro, possibilitando uma visão mais dinâmica do sistema nervoso, com diversos planos e cortes. Inicia-se, assim, o estudo do funcionamento cerebral não só em plano cirúrgico ou em cérebros com lesões e funcionamento anormal, mas do cérebro saudável e em diferentes atividades, como na fala espontânea, na leitura, no pensamento, no raciocínio, ou seja, na utilização das funções executivas.

Também nessa época, mais precisamente em 1987, surge a fluoxetina ou, como é mais conhecido, o prozac, poderoso medicamento antidepressivo, que foi muito importante por mostrar que os quadros de depressão profunda têm um componente ligado à neurotransmissão que é possível de ser corrigido, dando a chance ao indivíduo de reagir para passar por terapia e outros tratamentos. E isso ressaltou que o problema não era apenas a mente, mas que tratando o cérebro era possível reverter a depressão, uma doença considerada da mente.

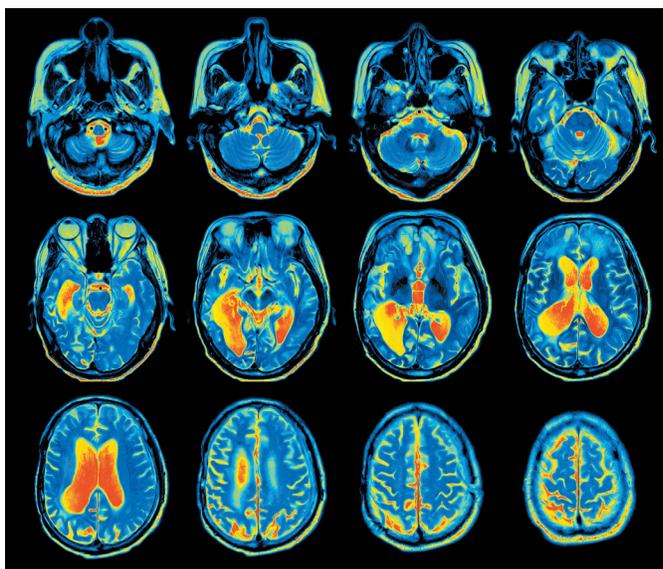


Figura 1.6 | Ressonância magnética do cérebro (MRI).

Mas foi na década de 1990 que tivemos a grande explosão de conhecimento sobre o funcionamento do sistema nervoso. O avanço foi tão significativo que esse momento foi denominado nos Estados Unidos como a “Década do Cérebro”. Ao terminar a Guerra Fria, os Estados Unidos investiram fortemente em descobrir como o cérebro humano funciona. E tivemos um imenso avanço em neuroimagens, ou seja, nas técnicas de escaneamento do cérebro. Ressonância magnética (Fig. 1.6), tomografia funcional, *pet scan*, tomografia por

emissão de pósitrons, entre outras técnicas que resultaram em um aprofundamento bastante evidente dos conhecimentos sobre o cérebro.

Em 2000, Arvid Carlsson, Paul Greengard e Eric Kandel recebem o primeiro prêmio Nobel de neurociência com pesquisas sobre segundos mensageiros da transdução neuronal. Eric Kandel, neurocientista austríaco naturalizado nos Estados Unidos, é considerado o pai da neurociência contemporânea. Estudando a *Aplysia*, que é um animal marinho, ele revelou processos fundamentais para a formação da memória humana e que têm forte influência na aprendizagem.

Kandel, no seu livro *Princípios de Neurociência*, de 1995, diz que a neurociência moderna representa uma fusão da biologia molecular com a neuropsicologia, anatomia, embriologia, biologia celular e a psicologia. Para ele, uma abordagem transdisciplinar é que nos fará avançar no entendimento do cérebro.

Hoje em dia, a neurociência procura desvendar processos que vão muito além dos estudos patológicos ou da funcionalidade das partes do sistema nervoso, investigando a mente, a consciência, o inconsciente e o comportamento a partir da complexa construção do cérebro humano. A neurociência nega a existência da mente como realidade imaterial independente do corpo ou do cérebro e reconhece que os processos mentais são resultantes do nosso sistema nervoso central.

O avanço técnico e científico sobre o sistema nervoso nos deu um substrato poderoso para a investigação sobre a complexidade humana. A ciência do cérebro evoluiu num ritmo alucinante nos últimos 25 anos e os conhecimentos adquiridos não são usados apenas para o avanço da medicina, mas também por profissionais das mais diferentes áreas, como a economia, a educação, o direito, a psicologia, a gestão de pessoas, o *marketing*, entre outras.

Uma das aplicações mais fantásticas e também mais polêmicas da neurociência atual é no desenvolvimento da inteligência artificial. Compreender o funcionamento do cérebro tem ajudado a desenvolver máquinas cada vez mais

inteligentes. E, se antes as máquinas apenas respondiam com respostas previamente programadas, hoje já conseguem pelo cruzamento de dados e pela progressiva emulação do cérebro humano responder de forma criativa, não programada. E até onde podemos chegar? Só o futuro pode responder.

De um lado, temos os defensores da tecnologia, como Ray Kurzweil, autor de *Como Criar uma Mente* e um dos grandes nomes da inteligência artificial no mundo. Ele acredita que em mais uma década conseguiremos completar a engenharia reversa do cérebro, descobrindo toda a essência de seu funcionamento, o que nos proporcionará os algoritmos para simular em uma máquina todas as capacidades do cérebro humano, inclusive as emoções. Para ele, isso potencializará nossa inteligência, aumentando nosso alcance de atuação e melhorando a nossa qualidade de vida. Kurzweil acredita que os cérebros eletrônicos podem ficar não só tão complexos e potentes como os nossos como podem superá-los, afirmando que a inteligência não-biológica será 1 bilhão de vezes mais rápida que a dos humanos e imensamente superior.

Kurzweil entende que, ao mesmo tempo em que a inteligência artificial pode potencializar a cura de doenças com novos medicamentos por meio de nanotecnologia, aumentar nossa expectativa de vida e resolver problemas complexos que levaríamos muito mais tempo para solucionar, também pode estar nas mãos erradas e manipular armas de guerra de terroristas ou contribuir no desenvolvimento de armas biológicas, mas diz ter uma visão bastante otimista com relação à evolução da inteligência artificial.

Por outro lado, há pesquisadores, como o renomado neurocientista brasileiro Miguel Nicolelis, que defendem que a inteligência das máquinas nunca vai se equiparar à inteligência humana. Nicolelis defende que o cérebro humano é muito mais poderoso e complexo do que qualquer cálculo matemático e que as máquinas nunca o superarão. Para ele, o cérebro não pode ser simulado. As máquinas é que vão estar em simbiose com os humanos, serão incorporadas ao nosso eu,

ao nosso *self*, e ajudarão a melhorar a qualidade de vida das pessoas. Mas, em sua opinião, de forma alguma a máquina superará o cérebro.

Ainda fica difícil responder até onde podemos chegar com a inteligência artificial. E não importa se concorda com Kurzweil ou se prefere as ideias de Nicolelis. No entanto, a influência dos avanços da neurociência sobre o desenvolvimento da inteligência artificial é indiscutível.

De fato, há que se destacar que o salto da neurociência nos últimos anos é bastante evidente. Foi uma escalada e tanto! Avançamos muito, as descobertas transformaram nossa compreensão do ser humano e do seu comportamento. Apesar disso, é preciso reconhecer que tal escalada da neurociência ainda continua. Estamos longe do topo da montanha, temos muito chão e suor pela frente. Sabemos apenas uma pequena fração do funcionamento do sistema nervoso e há muito que avançar.

Mas, do patamar que estamos, a visão já é espetacular.

AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues. **Biologia**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2004. v. 2.

AMTHOR, Frank. Uma rápida viagem através do sistema nervoso. *In*: AMTHOR, Frank. **Neurociência para leigos**. Tradução: Samantha Batista. 2. ed. Rio de Janeiro: Alta Books, 2017. cap. 1, p. 13.

AZEVEDO, Frederico A. C.; CARVALHO, Ludmila R. B.; GRINBERG, Lea T.; FARFEL, José Marcelo; FERRETTI, Renata E. L.; LEITE, Renata E. P.; JACOB FILHO, Wilson; LENT, Roberto; HERCULANO-HOUZEL, Suzana. Equal numbers of neuronal and nonneuronal cells make the human brain an isometrically scaled-up primate brain. **The Journal of Comparative Neurology**, [S.l.], v. 513 (5), p. 532-541, 10 abr. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1002/cne.21974>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cne.21974>. Acesso em: 23 nov. 2018.

BARRETO, Gilson; OLIVEIRA, Marcelo G. de. **A arte secreta de Michelangelo**: uma lição de anatomia na Capela Sistina. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2012.

BRANDÃO, Junito de Souza. Hesíodo, trabalho e justiça: teogonia, trabalhos e dias: 6. *In*: BRANDÃO, Junito de Souza. **Mitologia grega**. 26. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2015. v. 1, cap. 8, p. 174-176.

BUDGE, E. A. Wallis. **O livro dos mortos do antigo Egito**. Tradução: E. A. Wallis Budge. São Paulo: Madras, 2019.

CAMÕES, Luís Vaz de. Canto I. *In*: CAMÕES, Luiz Vaz de. **Os Lusíadas**. 3. ed. Porto: Porto Editora, [s.d.]. II Parte - Texto, Estrofe 1. p. 71.

CASTRO, Fabiano S.; LANDEIRA-FERNANDEZ, J. Alma, corpo e a antiga civilização grega: as primeiras observações do

funcionamento cerebral e das atividades mentais. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, Porto Alegre, v. 24, n. 4, p. 798-809, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-79722011000400021>. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-79722011000400021](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-79722011000400021). Acesso em: 11 set. 2018.

CENTER ON THE DEVELOPING CHILD AT HARVARD UNIVERSITY. Construindo o sistema de “controle de tráfego aéreo”: como experiências precoces modelam o desenvolvimento da função executiva: documento de trabalho. **Center on the Developing Child at Harvard University**. Cambridge, MA, n. 11, fev. 2011. Disponível em: [https://issuu.com/fmcsv/docs/construindo\\_o\\_sistema\\_de\\_controle\\_d/2?ff&e=3034920/7962903](https://issuu.com/fmcsv/docs/construindo_o_sistema_de_controle_d/2?ff&e=3034920/7962903). Acesso em 9 fev. 2019.

COSENZA, Ramon M.; GUERRA, Leonor B. **Neurociência e educação: como o cérebro aprende**. Porto Alegre: Artmed, 2011.

DALGALARRONDO, Paulo. **Evolução do cérebro: sistema nervoso, psicologia e psicopatologia sob a perspectiva evolucionista**. Porto Alegre: Artmed, 2011.

DAMÁSIO, António R. **Em busca de Espinosa: prazer e dor na ciência dos sentimentos**. Tradução: do autor. Adaptação: Laura Teixeira Motta. São Paulo: Companhia das Letras, 2004. v. 3.

\_\_\_\_\_. **O erro de Descartes: emoção, razão e o cérebro humano**. Tradução: Dora Vicente, Georgina Segurado. 3. ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2012. v. 1.

\_\_\_\_\_. **O mistério da consciência: do corpo e das emoções ao conhecimento de si**. Tradução: Laura Teixeira Motta. 2. ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2015. v. 2.

DANIEL WOLPERT: para os cérebros existirem. [S.l.]: TEDGlobal, 2011. 1 vídeo (20 min). Publicado pelo canal TED. Disponível em: [https://www.ted.com/talks/daniel\\_wolpert\\_the\\_real\\_reason\\_for\\_brains?language=pt-br](https://www.ted.com/talks/daniel_wolpert_the_real_reason_for_brains?language=pt-br). Acesso em: 1 nov. 2018.

DARWIN, Charles. **A expressão das emoções nos homens e nos animais**. Tradução: Leon de Souza Lobo Garcia. São Paulo: Companhia de Bolso, 2009.

DESCARTES, René. **Discurso do método; Meditações**. 2. ed. Tradução: Roberto Leal Ferreira. São Paulo: Martin Claret, 2012. v. 45. (A Obra-Prima de Cada Autor, v. 45).

DIAMOND, Adele; LING, Daphne S. Conclusions about interventions, programs, and approaches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not. **Developmental Cognitive Neuroscience**. [S.l.], v. 18, p. 34-48, abr. 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878929315300517>. Acesso em: 15 fev. 2019.

DIAMOND, Adele. Executive functions. **Annual Review of Psychology**, [S.l.]: v. 64, p. 135-168, jan. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-psych-113011-143750>. Acesso em: 21 fev. 2019.

DUDZINSKI, Denise M. Tethered to the diving bell: beyond vulnerability to autonomy. **AMA Journal of Ethics**, [S.l.], v. 11, n. 8, ago. 2009. Medical Education, p. 603-606. DOI: 10.1001/virtualmentor.2009.11.8.medu1-0908. Disponível em: <https://journalofethics.ama-assn.org/article/tethered-diving-bell-beyond-vulnerability-autonomy/2009-08>. Acesso em: 5 jan. 2019.

EKMAN, Paul; FRIESEN, Wallace V.; ELLSWORTH, Phoebe. What are the similarities and differences in facial behavior across cultures?. In: EKMAN, Paul; FRIESEN, Wallace V.; ELLSWORTH, Phoebe. **Emotion in the human face: guidelines for research and an integration of findings**. [S.l.]: Pergamon Press, 1972. cap. 19, p. 153-167. ISBN 978-0-08-016643-8. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-016643-8.50030-6>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780080166438500306>. Acesso em: 11 jan. 2019.

FUNÇÃO executiva: habilidades para a vida e aprendizagem. [S.l.]: Center on the Developing Child Harvard University, 2014. 1 video (5 min.). Publicado pelo canal Fundação Maria Cecília Souto Vidigal. Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=6gIY\\_X9IXH8](https://www.youtube.com/watch?v=6gIY_X9IXH8). Acesso em 18 fev. 2019.

GARDNER, Howard. **A nova ciência da mente**: uma história da revolução cognitiva. Tradução: Cláudia Malbergier Canon. 3. ed. São Paulo: EDUSP, 2003. v. 9. (Ponta, v. 9).

GOLDBERG, Elkhonon; ROEDIGER, Donovan; KUCUKBOYACI, N. Erkut; CARLSON, Chad; ORRIN, Devinsky; KUZNIECKY, Ruben; HALGREN, Eric; THESEN, Thomas. Hemispheric asymmetries of cortical volume in the human brain. **CORTEX**, [S.l.], v. 49 (1), p. 200-210, jan. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2011.11.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0010945211002863>. Acesso em: 7 fev. 2019.

GUELL, Xavier; GABRIELI, John D. E.; SCHMAHMANN, Jeremy D. Triple representation of language, working memory, social and emotion processing in the cerebellum: convergent evidence from task and seed-based resting-state fMRI analyses in a single large cohort. **NeuroImage**, [S.l.], v. 172, p. 437-449, 15 mai. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2018.01.082>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S105381191830082X>. Acesso em: 12 dez. 2018.

HERCULANO-HOUZEL, Suzana; LENT, Roberto. Isotropic fractionator: a simple, rapid method for the quantification of total cell and neuron numbers in the brain. **Journal of Neuroscience**, [S.l.], v. 25 (10), p. 2518-2521. 9 mar. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4526-04.2005>. Disponível em: <https://www.jneurosci.org/content/25/10/2518.long>. Acesso em: 3 set. 2018.

HOF, Patrick R.; VAN DER GUCHT, Estel. Structure of the cerebral cortex of the humpback whale, *Megaptera novaeangliae* (Cetacea, Mysticeti, Balaenopteridae). **The Anatomical Record**: advances in integrative anatomy and evolutionary biology, [S.l.], 290 (1), p. 1-31, jan. 2007. DOI: [10.1002/ar.20407](https://doi.org/10.1002/ar.20407). Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17441195/>. Acesso em: 12 jan. 2019.

KANDEL, Eric R. **Em busca da memória**: o nascimento de uma nova ciência da mente. Tradução: Rejane Rubino. São Paulo: Companhia das Letras, 2009.

KANDEL, Eric R.; SCHWARTZ, James H.; JESSELL, Thomas M. **Fundamentos da neurociência e do comportamento**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1997.

KANDEL, Eric R.; SCHWARTZ, James H.; JESSELL, Thomas M.; SIEGELBAUM, Steven A.; HUDSPETH, A. J. **Princípios de neurociências**. Tradução: Ana Lúcia Severo Rodrigues *et al.* 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.

KOSTYK, Sandra K.; GROBSTEIN, Paul. Neuronal organization underlying visually elicited prey orienting in the frog - I: effects of various unilateral lesions. **Neuroscience**. Great Britain, v. 21 (1), p. 41-55, abr. 1987. DOI: [https://doi.org/10.1016/0306-4522\(87\)90323-X](https://doi.org/10.1016/0306-4522(87)90323-X). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/030645228790323X>. Acesso em: 4 dez. 2018.

KURZWEIL, Ray. **Como criar uma mente**: os segredos do pensamento humano. Tradução: Marcello Borges. São Paulo: Aleph, 2014.

LENT, Roberto. **Cem bilhões de neurônios?**: conceitos fundamentais de neurociência. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2010.

LENT, Roberto; AZEVEDO, Frederico A. C.; ANDRADE-MORAES, Carlos H.; PINTO, Ana V. O. How many neurons do you have? Some dogmas of quantitative neuroscience under revision. **European Journal of Neuroscience**, [S.l.], v. 35 (1), p. 1-9, jan. 2012. DOI: 10.1111/j.1460-9568.2011.07923.x. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22151227/>. Acesso em: 3 set. 2018.

LENT, Roberto (coord.). **Neurociência da mente e do comportamento**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

LIBET, Benjamin. Timing of cerebral processes relative to concomitant conscious experiences in man. In: ÁDAM, G.; MÉSZÁROS, I.; BÁNYAI, É. I. **Brain and behaviour**: proceedings of the 28th International Congress of Physiological Sciences, Budapest, 1980. Elms-ford, NY: Pergamon, 1981. v. 17, p. 313-317. ISBN 978-0-08-027338-9. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-027338-9.50050-5>. Disponível em: <https://www.sciencedi->

rect.com/science/article/pii/B9780080273389500505. Acesso em: 13 fev. 2019.

MACHADO, Angelo B. M.; HAERTEL, Lucia Machado. **Neuroanatomia funcional**. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 2014.

MARCONDES, Danilo. Aristóteles e o sistema aristotélico. In: MARCONDES, Danilo. **Iniciação à história da filosofia: dos Pré-Socráticos a Wittgenstein**. 2. ed. rev. ampl. Rio de Janeiro: Zahar, 2007. cap. 5, p. 72.

\_\_\_\_\_. Os filósofos Pré-Socráticos. In: MARCONDES, Danilo. **Iniciação à história da filosofia: dos Pré-Socráticos a Wittgenstein**. 2. ed. rev. ampl. Rio de Janeiro: Zahar, 2007. cap. 2, p. 34.

MOTA, Bruno; HERCULANO-HOUZEL, Suzana. Cortical folding scales universally with surface area and thickness, not number of neurons. **Science**, [S.l.], v. 349 (6243), p. 74-77, 3 jul. 2015. DOI: 10.1126/science.aaa9101. Disponível em: <https://science.sciencemag.org/content/349/6243/74.full?sid=77fbboard-6ff4-4d6b-bd7d-6df7b0712472>. Acesso em: 3 set. 2018.

NICOLELIS, Miguel; CICUREL, Ronald. **The relativistic brain: how it works and why it cannot be simulated by a Turing machine**. [S.l.]: Independently Published, 2018.

OECD PUBLISHING. **Understanding the brain: the birth of a learning science**. [S.l.]: Centre for Educational Research and Innovation, 2007.

O ESCAFANDRO e a borboleta. Produção Kathleen Kennedy. França: Pathé Renn Productions, 2007. 1 vídeo (112 min). *Online*.

RIBAS, Guilherme Carvalhal. Considerações sobre a evolução filogenética do sistema nervoso, o comportamento e a emergência da consciência. **Revista Brasileira de Psiquiatria**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 326-338, dez. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-44462006000400015>. Disponível em: <https://44462006000400015>. Acesso em: 9 out. 2018.

SACKS, Oliver. **O homem que confundiu sua mulher com um chapéu**. Tradução: Laura Teixeira Motta. São Paulo: Companhia das Letras, 1997.

\_\_\_\_ **Um antropólogo em Marte**: sete histórias paradoxais. Tradução: Bernardo Carvalho. São Paulo: Companhia de Bolso, 2006.

SMITH, David V.; MARGOLSKEE, Robert F. Making sense of taste. **Scientific American**. [S.l.], v. 284 (3), p. 32-39, mar. 2001. Disponível em: <https://www.studeersnel.nl/nl/document/universiteit-utrecht/intercellulaire-communicatie/verplichte-opgaven/20052006-exercises-3-article-making-sense-of-taste/16276/view>. Acesso em: 17 dez. 2018.

TCHALOVA, K.; EISENBERGER, N. I. How the brain feels the hurt of heartbreak: examining the neurobiological overlap between social and physical pain. In: **BRAIN Mapping**: an encyclopedic reference. [S.l.]: Academic Press, 2015. v. 3, p. 15-20. Social Cognitive Neuroscience. ISBN 978-0-12-397316-0. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-397025-1.00144-5>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123970251001445>. Acesso em: 11 jan. 2019.

THE BRITISH MUSEUM. Ancient Egypt: how were mummies made? **The British Museum**, Londres, [s.d.]. Disponível em: [https://www.britishmuseum.org/sites/default/files/2019-09/Presnotes\\_how\\_mummies\\_made\\_FINAL.pdf](https://www.britishmuseum.org/sites/default/files/2019-09/Presnotes_how_mummies_made_FINAL.pdf). Acesso em: 21 fev. 2019.

THE WALKING AGAIN PROJECT. Home. **Walk Again Project**, [S.l.], 2008. Disponível em: <https://www.walkagainproject.org/>. Acesso em: 7 jan. 2019.

\_\_\_\_ Partners. **Walk Again Project**, [S.l.], 2008. Disponível em: <https://www.walkagainproject.org/partners/>. Acesso em: 7 jan. 2019.

\_\_\_\_ The research. **Walk Again Project**, [S.l.], 2008. Disponível em: <https://www.walkagainproject.org/the-research/>. Acesso em: 7 jan. 2019.

TIEPPO, Carla. O que a escola precisa saber sobre neurociência. **Mente Cérebro**, [S.l.], ano 21, n. 263, p. 36-43, 12 dez. 2014. Especial - Neurociência e Aprendizagem. Disponível em: [https://carlatieppo.com.br/wp-content/uploads/2020/03/mente\\_cerebro\\_dez2014.pdf](https://carlatieppo.com.br/wp-content/uploads/2020/03/mente_cerebro_dez2014.pdf). Acesso em: 21 fev. 2019.

WICKENS, Andrew P. **A history of the brain**: from stone age surgery to modern neuroscience. New York: Psychology Press, 2015.

ZIMMER, Carl. **A fantástica história do cérebro**: o funcionamento do cérebro humano. Tradução: Regina Lyra. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

ZORZETTO, Ricardo. Números em revisão: recontagem de neurônios põe em xeque ideias da neurociência. **Pesquisa Fapesp**, [S.l.], ed. 192, p. 19-23, fev. 2012. Disponível em: [https://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2012/02/018-023\\_192.pdf](https://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2012/02/018-023_192.pdf). Acesso em: 7 jan. 2019.