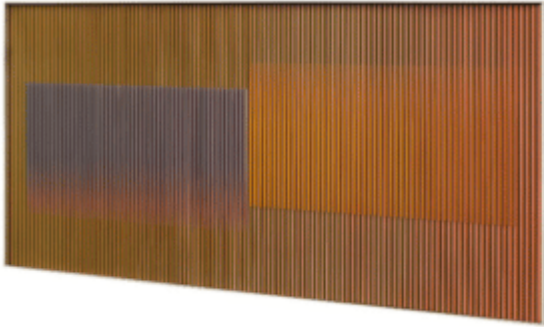


A inteligência biológica



Por **FELIPE A. P. L. COSTA**

Não é você quem controla o seu corpo, é o seu cérebro

Sistemas de integração e controle

O corpo humano dispõe de dois sistemas de controle: o sistema nervoso (SN) e o sistema endócrino.^[1] O primeiro é um sistema de ação rápida e fugaz, que opera por meio de impulsos elétricos, um tipo de sinal que é conduzido a velocidades muito elevadas (e.g., 100 m s^{-1}). Isso confere agilidade, a ponto de o tempo de reação do sistema, em certos casos, ser praticamente nulo.

O segundo é um sistema de ação lenta e duradoura, que opera por meio de hormônios, substâncias químicas que são transmitidas pela corrente sanguínea.^[2] A velocidade de transmissão é bem mais lenta, uma diferença que ajuda a explicar o motivo de o tempo de reação aqui ser muito mais demorado. O sinal, no entanto, é persistente: Enquanto o hormônio estiver a circular pelo sangue, as células com os receptores apropriados continuarão a responder.

Outra diferença importante diz respeito ao tamanho do alvo e à exatidão do controle. O impulso transmitido por uma cadeia de neurônios é capaz de atingir um pequeno grupo de células motoras ou mesmo uma única célula individual. O fluxo sanguíneo não permite isso. A rigor, os hormônios que estão a transitar pelo sangue afetam todas as células que sejam portadoras dos seus respectivos receptores.

No que segue, vamos nos debruçar sobre alguns aspectos do nosso sistema nervoso.^[3]

Cordados dotados de crânio

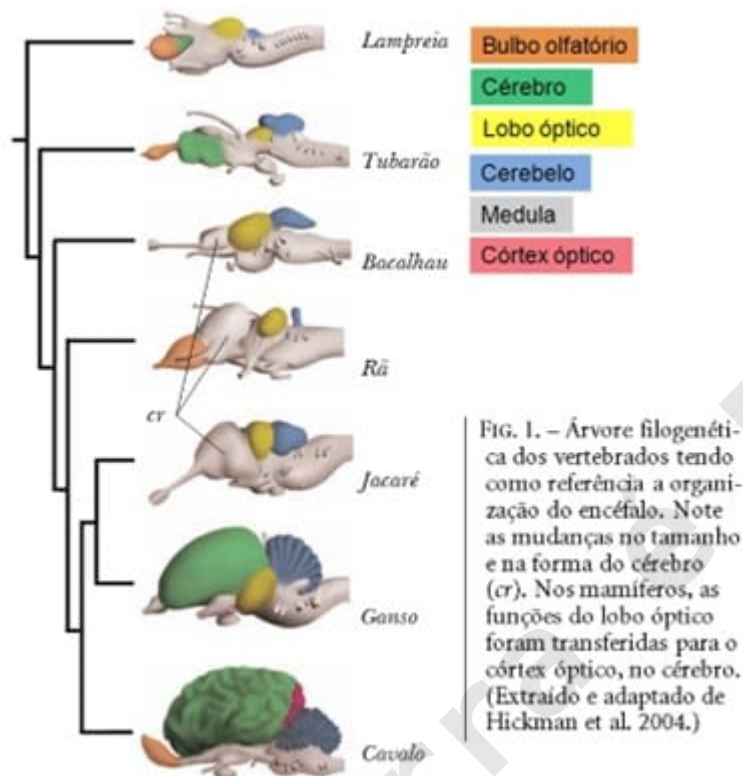
O sistema nervoso dos craniados – leia-se: cordados dotados de crânio^[4] – é formado pelo (i) encéfalo, um conjunto de estruturas encerradas no interior do crânio, com destaque para o cérebro, uma massa de células de consistência gelatinosa e aspecto globoso (em especial no caso de aves e mamíferos); e pela (ii) medula espinal, um tubo cilíndrico que se prende à parte posterior do encéfalo e que corre pelo interior da coluna vertebral.^[5]

Nas palavras de Hildebrand & Goslow (2008, p. 319 e 321): “O encéfalo é o órgão mais complicado do corpo e também o órgão mais maravilhoso para muitas pessoas. [...] O encéfalo não apenas meramente transmite, rejeita ou armazena informações nos 3 bilhões de impulsos que alcançam suas 10^{10} células a cada segundo acordado.”^[6] Ele transforma a

informação, adapta-a e escolhe entre respostas alternativas de maneiras que ultrapassam nossa presente compreensão.”

De onde vem o cérebro?

Ao contrário da medula, que mudou relativamente pouco ao longo da história evolutiva dos vertebrados, o encéfalo passou por mudanças notáveis, seja no tamanho, seja no formato (ver Fig. 1).



O encéfalo maduro se desenvolve a partir de três regiões embrionárias: prosencéfalo (ou encéfalo anterior), mesencéfalo (encéfalo mediano) e rombencéfalo (encéfalo posterior). Cada região dá origem a órgãos ou tecidos dotados de funções específicas. O cérebro é um desses órgãos, o cerebelo é outro.

O encéfalo aumentou muito de tamanho desde o surgimento dos craniados. Tanto em termos absolutos como em termos relativos. Veja, por exemplo, como a proporção (encéfalo): (medula) varia entre as diferentes linhagens. Entre as mais antigas (peixes e anfíbios), a proporção gira em torno de 1:1 – isto é, o encéfalo e a medula têm mais ou menos a mesma massa. Entre os mamíferos, no entanto, a relação é bem desigual, chegando a 50:1 nos seres humanos. A massa do nosso córtex cerebral, por exemplo, gira em torno de 882 g (ou 8×10^{10} células), enquanto a da medula não passa de 18 g ($2,1 \times 10^9$ células).^[7]

O tamanho do cérebro

Outro tipo de comparação relevante envolve o tamanho do encéfalo (ou do cérebro) vs. o tamanho do corpo. Há uma correlação positiva bastante significativa entre um e outro.^[8] Eis o comentário de Bonner (1983, p. 67-8): “Há uma correlação inversa direta entre o tempo de aparecimento de um grupo na história da Terra e as dimensões do cérebro

desse grupo. Num extremo do espectro, os peixes têm cérebros pequenos e, no outro extremo, os mamíferos possuem os maiores. Isso sugere uma tendência para o recrudescimento na capacidade de aprendizagem, para um aumento na flexibilidade da resposta. Note-se, porém, que essa expansão do cérebro provavelmente corresponde, em grande parte, à expansão de novos nichos e não apenas à eliminação de animais com cérebros menores. [...] [A]inda existem peixes e eles são abundantes e bem-sucedidos como grupo, apesar da relativa insignificância de seus cérebros.”

Mas há desvios importantes nessa correlação. Entre os mamíferos, por exemplo, os primatas se destacam como sendo portadores de cérebros particularmente grandes. Maiores do que seria esperado se levássemos em conta apenas o tamanho do corpo. Entre os primatas, os seres humanos se destacam ainda mais.

Eis a caracterização de Lewin (1999, p. 448-50): “[P]ode-se dizer que o tamanho do cérebro dos australopithecíneos era de quase 400 cm³, e que aumentou apenas um pouco ao longo da história deste gênero. Uma expansão mais marcante é observada com a origem do gênero *Homo*, especificamente o *Homo habilis/rudolfensis*, que viveu entre 2,5 e 1,8 milhões atrás e possuía um tamanho de cérebro de 650 a 800 cm³. A variação de tamanho para o *Homo ergaster/erectus*, datados de 1,8 milhão a 300.000 anos atrás, é de 850 a pouco mais de 1.000 cm³. Medidas equivalentes para os *Homo sapiens* arcaicos variam entre 1.100 e mais de 1.400 cm³, ou seja, maior do que nos seres humanos modernos. Utilizando o quociente de encefalização (EQ), uma medida de tamanho do cérebro em relação ao tamanho do corpo, podemos discernir essa progressão mais objetivamente. As espécies de australopithecíneos apresentam EQs por volta de 2,5, comparados a 2 para o chimpanzé comum, 3,1 para os primeiros *Homo ergaster/erectus*, e 5,8 para os seres humanos modernos.”

Relações como essas (digo: correlação encéfalo vs. medula ou encéfalo vs. corpo) são convertidas em índices que podem ser usados para se comparar o grau de inteligência de diferentes grupos de animais. Sendo que, como regra geral, quanto maior o tamanho relativo do encéfalo, maior o grau de inteligência. Uma afirmativa que está ancorada em alguns pressupostos biológicos. Como definiu Jerison (1985, p. 106): “A inteligência biológica em adultos representativos de uma espécie é a consequência comportamental da capacidade de processamento de informação neural disponível, além daquela necessária para o controle das funções gerais do corpo.”

Ora, sabendo que o cérebro é o centro de controle dos demais órgãos do corpo, não é de estranhar que os animais maiores sejam portadores de cérebros igualmente maiores. Afinal, se o corpo de um animal abriga mais células, mais neurônios devem ser necessários para controlá-las.

O sistema nervoso humano

O nosso sistema nervoso pode ser dividido em (i) sistema nervoso central (SNC); (ii) sistema nervoso periférico (SNP); e (iii) uma divisão autônoma, que compreende o simpático e o parassimpático. Essa distinção é tanto morfológica como funcional, embora as três porções sejam interdependentes.

O sistema nervoso central é uma região de recepção e processamento de estímulos e de emissão de respostas. Os seus elementos constituintes estão alojados no interior do esqueleto axial: o encéfalo, dentro do crânio, e a medula espinal, no interior da coluna vertebral. No que segue, vamos falar apenas sobre o encéfalo.

O desenvolvimento do encéfalo

O encéfalo é formado a partir de uma estrutura embrionária chamada de tubo neural, ele próprio oriundo de uma estrutura anterior chamada de placa neural.

O tubo neural se forma por volta da quarta semana de gestação, quando o embrião está com 26-29 dias de idade. O surgimento dessa estrutura marca o início de uma fase de desenvolvimento referida como neurulação. Mais alguns dias e será possível observar a presença de dilatações na porção anterior do tubo. São as regiões encefálicas primárias (prosencefalo, mesencefalo e rombencefalo), já referidas antes.

As três regiões irão se desdobrar em cinco: (i) Prosencefalo – É a dilatação mais anterior. Durante o desenvolvimento, as porções laterais se expandem, a ponto de recobrir e esconder a porção central. Dá origem ao telencefalo e ao diencefalo; (ii) Mesencefalo – Não se subdivide. No embrião maduro, continua a ser reconhecido como um canal mais ou menos estreito; e (iii) Rombencefalo – É a dilatação mais posterior. Passa por uma subdivisão longitudinal, dando origem ao metencefalo e ao mielencefalo.

Essas cinco regiões darão então origem às estruturas que compõem o encéfalo (e.g., cérebro, cerebelo e bulbo). Vejamos.

O encéfalo maduro

Primeiro. Telencefalo e diencefalo dão origem ao cérebro. O primeiro dá origem aos dois hemisférios cerebrais. Separados por uma fenda profunda, os hemisférios estão ligados por uma estrutura mediana chamada corpo caloso. Há ligações menores, mas o corpo caloso é o principal responsável pela conexão entre os dois hemisférios,^[9]

A superfície externa do cérebro, como muitos de nós já testemunhamos, exibe um curioso padrão de giros ou circunvoluções, os quais estão separados por fendas (ou fissuras) de profundidade variável. O exagerado crescimento lateral do telencefalo encobre quase que totalmente o diencefalo, que permanece como uma estrutura ímpar, em posição mediana.

As paredes do diencefalo dão origem ao tálamo e afins (i.e., metatálamo, hipotálamo, epitálamo e subtálamo).

Segundo. O mesencefalo muda relativamente pouco e permanece com a mesma denominação.

Terceiro. O metencefalo dá origem ao cerebelo e à ponte, enquanto o mielencefalo dá origem ao bulbo (ou medula oblonga). A superfície do cerebelo está coberta por sulcos (fissuras) de profundidade variável. Essas fissuras dividem o órgão em lóbulos; estes, no entanto, não exibem a especialização topográfica que se observa nos hemisférios cerebrais.^[10]

O encéfalo maduro, portanto, abriga três conjuntos de estruturas (i) o cérebro (hemisférios cerebrais, tálamo e afins); (ii) o tronco encefálico (mesencefalo, ponte e bulbo), que se une aos hemisférios por meio dos chamados pedúnculos cerebrais; e (iii) o cerebelo.

Além do sistema nervoso central, o corpo humano é dotado de um sistema nervoso periférico (SNP) e de um sistema nervoso autônomo (SNA).

Sistema nervoso periférico.

O sistema nervoso periférico inclui as terminações nervosas, os gânglios e os nervos. As terminações nervosas estão associadas a fibras sensitivas e motoras, sendo encontradas tanto em placas motoras como na forma de terminações nervosas livres. Acúmulos de corpos celulares fora do sistema nervoso central assumem em geral o formato de pequenas dilatações, referidas como gânglios. Os nervos são formados por fibras nervosas associadas a tecido conjuntivo. Apresentam-se como cordões esbranquiçados, tendo como função conduzir (levar e trazer) impulsos até o sistema nervoso central. São divididos em dois grandes grupos: os nervos cranianos (12 pares ligados ao encéfalo) e os n. espinais (31 pares ligados à medula).^[11]

Sistema nervoso autônomo

Em termos funcionais, o sistema nervoso pode ser dividido em somático e visceral. O primeiro é responsável pela intermediação entre o sistema nervoso central e os estímulos vindos de fora (via órgãos dos sentidos). O segundo é responsável pela intermediação entre o sistema nervoso central e os demais órgãos do corpo. O controle da frequência respiratória e dos batimentos cardíacos, por exemplo, é tarefa do sistema visceral.

Tanto o somático como o visceral têm dois componentes: um aferente ou de ida (leva impulsos das vísceras até áreas específicas do sistema nervoso central) e outro eferente ou de volta (traz impulsos de áreas específicas do sistema nervoso central até as vísceras, terminando geralmente em uma glândula ou em um músculo). O componente eferente (ou motor) do sistema nervoso visceral é comumente referido como sistema nervoso autônomo. Este, por sua vez, se divide em sistema nervoso simpático e sistema nervoso parassimpático, que se distinguem tanto por critérios morfológicos como fisiológicos. Para os propósitos deste artigo, basta ressaltar que o simpático e o parassimpático em geral exercem efeitos antagônicos nos órgãos que enervam (quando o simpático estimula, o parassimpático inibe).

Coda

Para concluir, vejamos um exemplo bastante familiar de como o sistema nervoso controla o nosso corpo. Considere o que acontece nos chamados reflexos espinais (involuntários).^[12]

Diz-se que uma ação ou reação é voluntária quando nós temos um significativo grau de controle consciente sobre ela. Ocorre que muitas das nossas reações, notadamente em situações de perigo, são involuntárias. Em uma reação involuntária, nós a princípio não temos consciência do que está sendo processado, o que significa dizer que nós não escolhemos deliberadamente esta ou aquela resposta. É o que acontece, por exemplo, nos chamados reflexos de retirada. Pare e pense: O que se passa quando você inadvertidamente espeta o dedo em uma agulha ou bate com o pé na quina da cama? Presumo que a sua resposta não seja muito diferente da minha: Nós reagimos imediatamente, sem pensar.

Resumidamente, o que se passa é mais ou menos o seguinte: O sinal vindo de fora é transmitido até o cérebro por uma via de entrada do sistema nervoso, passando pela medula. A reação imediata (retirar o dedo da agulha ou o pé do obstáculo) é determinada por circuitos nervosos que atuam no nível da própria medula, a partir de onde um sinal de resposta é transmitido por uma via de saída até um grupo muscular apropriado.

Em casos assim, nós só começamos a ter consciência do que se passou (o acidente, a ferida etc.) – incluindo a nossa própria reação (os movimentos musculares que resultaram no afastamento da mão ou do pé em relação à fonte de dor) – alguns segundos após o desfecho do episódio. Como a reação não foi decidida no plano da consciência, diz-se que se trata de uma reação involuntária.

Muito do que acontece em nosso corpo é involuntário. No fim das contas, portanto, não se iluda: Quem está a controlar o seu corpo (digo: a fisiologia interna e parte do comportamento externo) não é você (digo: não é o seu eu autoconsciente), mas sim o seu cérebro (digo: o seu sistema nervoso).

***Felipe A. P. L. Costa** é biólogo e escritor. Autor, entre outros livros de *O que é darwinismo*.

Referências

Bonner, JT. 1983 [1980]. *A evolução da cultura nos animais*. RJ, Zahar.

Cingolani HE & Houssay, AB, orgs. 2004 [2000]. *Fisiologia humana de Houssay*, P Alegre, Artmed.

Dangelo, JG & Fattini, CA. 2007. *Anatomia humana*, 3ª ed. SP, Atheneu.

Guyton, AC & Hall, JE. 2006. *Tratado de fisiologia médica*, 11ª ed. SP, Elsevier.

Hatton, IA & mais 5. 2023. The human cell count and size distribution. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 120: e2303077120.

Herculano-Houzel, S & Lent, R. 2005. Isotropic fractionator: a simple, rapid method for the quantification of total cell and neuron numbers in the brain. *Journal of Neuroscience* 25: 2518-21.

Hickman, CP, Jr & mais 2. 2004 [2001]. *Princípios integrados de zoologia*, 11ª ed. RJ, G Koogan.

Hildebrand, M & Goslow, G. 2006 [2004]. *Análise da estrutura dos vertebrados*, 2ª ed. SP, Atheneu.

Jerison, HJ. 1985. Issues of brain evolution. In: R Dawkins & M Ridley, eds. *Oxford Surveys in Evolutionary Biology*, v. 2. Oxford, OUP.

Lent, R, org. 2008. *Neurociência: Da mente e do comportamento*. RJ, G Koogan.

Lewin, R. 1999 [1998]. *Evolução humana*. SP, Atheneu.

Schmidt-Nielsen, K. 2002 [1997]. *Fisiologia animal*, 5ª ed. SP, Santos.

Shultz, S & Dunbar, R. 2010. Encephalization is not a universal macroevolutionary phenomenon in mammals but is associated with sociality. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107: 21582-6.

Standring, S, ed. 2010 [2008]. *Gray's, anatomia*, 40ª ed. RJ, Elsevier.

Tortora, GJ & mais 2. 2005 [2004]. *Microbiologia*, 8ª ed. P Alegre, Artmed.

Voet, D & Voet, JG. 2006 [2004]. *Bioquímica*, 3ª ed. P Alegre, Artmed.

Notas

[1] Para uma discussão detalhada, ver Schmidt-Nielsen (2002). O presente artigo corresponde à terceira e última parte de uma trilogia intitulada Nervos, cérebro e comportamento (para consultar as Partes I e II, ver [aqui](#) e [aqui](#)).

[2] Além dos hormônios ditos endócrinos (cujas moléculas irão agir sobre células distantes), outros dois tipos são reconhecidos, os hormônios parácrinos (agem apenas nas imediações da célula que os libera) e h. autócrinos (agem sobre a própria célula que os secretou). Em termos estritamente químicos, os hormônios animais são em geral moléculas peptídicas (e.g., glucagon e insulina) ou esteroides (e.g., testosterona e estrógeno) - para detalhes e exemplos, ver Schmidt-Nielsen (2002) e Voet & Voet (2006).

[3] Para um exame detalhado da estrutura e do funcionamento do sistema nervoso, o leitor brasileiro tem à sua disposição

alguns manuais. Por exemplo: (i) anatomia humana – Standring (2010) ou, para uma introdução mais simples, Dangelo & Fattini (2007); (ii) anatomia comparada – Hickman et al. (2004) e Hildebrand & Goslow (2006); e (iii) neurofisiologia – Cingolani & Houssay (2004), Guyton & Hall (2006) e Lent (2008).

[4] O filo Chordata é comumente dividido (e.g., Hickman et al. 2004; Hildebrand & Goslow 2006) em três subfilos: Urochordata (Gr., *oura*, cauda + L., *chorda*, corda + *ata*, caracterizado por), abriga as ascídias (os tunicados); Cephalochordata (Gr., *kephale*, cabeça + L., *chorda*, corda), abriga os anfioxos; e Vertebrata (L. *vertebratus*, com vértebras), reúne uma ampla variedade de ‘peixes’, além de anfíbios, répteis, aves e mamíferos. Ascídias e anfioxos são ditos acraniados (leia-se: desprovidos de crânio), enquanto os demais cordados são ditos craniados. O crânio é uma caixa óssea ou cartilaginosa que abriga o encéfalo. Costuma-se dividir o crânio em duas porções, o neurocrânio e o viscerocrânio. O primeiro, posterior e superior, abriga o encéfalo; o segundo, anterior e inferior, está relacionado com dois grandes sistemas, o respiratório e o digestório. No caso dos seres humanos, especificamente, eis o comentário de Dangelo & Fattini (2007, p. 399): “O viscerocrânio é conhecido comumente com o nome de face. No nascimento, o neurocrânio é bem mais volumoso que o viscerocrânio, pois o primeiro está relacionado com o crescimento do encéfalo, dos olhos e dos órgãos de audição e equilíbrio e estes já se acham bem desenvolvidos à época do nascimento. No entanto, o desenvolvimento do viscerocrânio está ligado ao aparecimento dos dentes e dos seios maxilares. Assim, até que isto ocorra, a altura da face é pequena. Mesmo no adulto continua a desproporção entre neurocrânio e viscerocrânio, mas ela é menor do que a que ocorre no nascimento e na infância.”

[5] Estendendo-se pelo interior do canal espinal central, da base do crânio até mais ou menos a 2ª costela lombar, a medula está envolvida por três camadas de membranas. São as chamadas meninges espinais. São elas (de fora para dentro): dura-, aracnoide- e pia-máter (Dangelo & Fattini 2007). Infecções das meninges, referidas coletivamente como meningites, podem ser causadas por diferentes patógenos (e.g., vírus e bactérias). Embora de ocorrência relativamente episódica e localizada, as meningites podem ter consequências muito graves, sobretudo no caso das de origem bacteriana (e.g., meningites meningocócica e pneumocócica) – para detalhes, ver Tortora et al. (2005).

[6] Pesquisadores brasileiros (Herculano-Houzel & Lent 2005) revelaram que o número de células que compõem o cérebro humano é inferior aos 100 bilhões que até então se costumava citar. Para um censo dos diferentes tipos celulares encontrados no nosso corpo, ver Hatton et al. (2023).

[7] Nas palavras de Dangelo & Fattini (2007, p. 88): “O córtex cerebral é a camada de substância cinzenta que cobre os hemisférios cerebrais [...]; corresponde a 40% do peso do encéfalo.” Hatton et al. (2023) foi a fonte dos números citados.

[8] Entre os mamíferos, especificamente, há uma correlação ainda mais expressiva entre o tamanho do cérebro e o grau de socialização – ver, e.g., Shultz & Dunbar (2010); em port., Bonner (1983).

[9] Agenesia do corpo caloso (ACC) é uma desordem cerebral congênita caracterizada pela ausência total ou parcial do corpo caloso. É uma condição relativamente rara, o que ajuda a explicar porque nem todo pediatra consegue oferecer um diagnóstico correto. Em casos assim, a família precisa recorrer a um neuropediatra.

[10] Especialização topográfica faz alusão ao fato de que diferentes partes do cérebro são responsáveis por funções específicas. Para um mapa do córtex cerebral, ver, e.g., Standring (2010); para detalhes funcionais, Guyton & Hall (2006).

[11] Dos 12 nervos cranianos (I-XII), dois talvez sejam mais familiares ao leitor: o trigêmeo (V) e o vago (X). O trigêmeo fica com a sensibilidade da maior parte da face e da mucosa oral; o vago inerva todas as vísceras torácicas e quase todas as abdominais – sobre os nervos cranianos, ver Dangelo & Fattini (2007); para mais detalhes, Standring (2010).

[12] Para detalhes, ver, e.g., Guyton & Hall (2006).

A Terra é Redonda existe graças aos nossos leitores e apoiadores.

Ajude-nos a manter esta ideia.

[CONTRIBUA](#)

A Terra é Redonda