

## **Avaliação cognitiva: princípios e técnicas**

## **Sobre os organizadores**

### **Manuela Ramos Caldas Lins**

Graduada em Psicologia pela Universidade Estadual da Paraíba (Uepb), com formação direcionada para avaliação de transtornos na infância, mestra em Psicologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e doutora em Psicologia pela Universidade de Brasília (UnB). Professora do curso de Graduação e Pós-Graduação de Psicologia do Centro Universitário de Brasília (UniCeub). Membro do Núcleo de Estudos em Saúde Mental, Educação e Psicometria (Nesmep), vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Neurociência Cognitiva e Comportamento da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Membro também do grupo Avaliação Psicológica: Pessoas & Contextos (APLab), vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Psicologia Clínica da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio).

### **Carla Alexandra da Silva Moita Minervino**

Graduada em Psicologia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e mestra e doutora em Neurociência Cognitiva e Comportamental pelo Programa de Pós-Graduação em Neurociência Cognitiva e Comportamento (PPGNeC) da UFPB, linha de pesquisa Psicobiologia: Processos Psicológicos Básicos e Neuropsicologia. Professora associada da UFPB e professora do PPGNeC. Líder do Núcleo de Estudos em Saúde Mental, Educação e Psicometria (Nesmep). Coordenadora do projeto CUIDAR: cuidado integrado da infância e adolescência e do Laboratório de Neurociências, Educação e Saúde (LabNES). Membro do Instituto Brasileiro de Avaliação Psicológica (Ibap) e do Grupo de Pesquisadores de Desenvolvimento Sociocognitivo e Linguagem da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Psicologia (Anpepp).

### **Mônia Aparecida da Silva**

Graduada e mestra em Psicologia pela Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), especialista em Avaliação Psicológica pelo Conselho Regional de Psicologia de Minas Gerais (CRP/MG) e doutora e pós-doutora em Psicologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Professora adjunta do Departamento de Psicologia e do Programa de Pós-Graduação em Psicologia da UFSJ. Membro associado do Instituto Brasileiro de Avaliação Psicológica (Ibap) e do Grupo de Pesquisa Avaliação e Intervenção no Desenvolvimento Infantil e Adolescente da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Psicologia (Anpepp).

**Manuela Ramos Caldas Lins**  
**Carla Alexandra da Silva Moita Minervino**  
**Mônia Aparecida da Silva**  
(Orgs.)

# **Avaliação cognitiva: princípios e técnicas**

 **hogrefe**

Copyright © 2022 Hogrefe CETEPP

Editora: Cristiana Negrão

Capa e diagramação: Claudio Braghini Junior

Preparação: Carlos Villarruel

Revisão: Joana Figueiredo (In-Fólio) e Eugênia Pessotti

**CIP-BRASIL. CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO  
SINDICATO NACIONAL DOS EDITORES DE LIVROS, RJ**

A963

Avaliação cognitiva : princípios e técnicas / organização Manuela Ramos Caldas Lins, Carla Alexandra da Silva Moita Minervino, Mônia Aparecida da Silva. - 1. ed. - São Paulo : Hogrefe, 2022.

616 p. ; 23 cm.

Inclui índice

ISBN 978-65-89092-18-6

1. Neuropsicologia. 2. Psicologia cognitiva. 3. Psicologia clínica.  
4. Psicodiagnóstico. I. Lins, Manuela Ramos Caldas. II. Minervino, Carla Alexandra da Silva Moita. III. Silva, Mônia Aparecida da.

22-76458

CDD: 616.89075

CDU: 615.89-071

Este livro segue as regras da Nova Ortografia da Língua Portuguesa.  
Todos os direitos desta edição reservados à:

Editora Hogrefe CETEPP

Rua Barão do Triunfo, 73 - 7º andar

Brooklin, São Paulo - SP, Brasil

CEP: 04602-000

Tel.: +55 11 3900-1670

www.hogrefe.com.br

Nenhuma parte desta obra pode ser reproduzida ou transmitida por qualquer forma ou quaisquer meios (eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópias e gravação) ou arquivada em qualquer sistema ou banco de dados sem permissão escrita.

ISBN: 978-65-89092-18-6

Impresso no Brasil.

## Sumário

Prefácio .....	9
Apresentação.....	11
1. Introdução à neuropsicologia: neuroanatomia, neurofisiologia e plasticidade cerebral .....	13
Henrique Alvarenga da Silva, Matheus Silva Prenassi, Alexandre Siles Vargas Junior e Drielle Barbosa Pereira	
2. Ética na avaliação neuropsicológica.....	48
Thirzá Frison e Vanessa Bulcão	
3. Novas perspectivas na avaliação e intervenção no desenvolvimento infantil .....	68
Mônia Aparecida da Silva, Talita de Araújo Alves e Alexandre Luiz de Oliveira Serpa	
4. Avaliação neuropsicológica da inteligência e funções executivas: conceitos e aplicações.....	98
Jonatha Tiago Bacciotti, Fernanda Otoni e Larissa de Oliveira e Ferreira	
5. Uso de instrumentos na avaliação cognitiva: testes e técnicas complementares .....	122
Elton Hiroshi Matsushima, Ana Carolina Fioravanti e Luiz Renato Rodrigues Carreiro	
6. Princípios e técnicas de reabilitação neuropsicológica.....	147
Murilo Ricardo Zibetti, Jaqueline de Carvalho Rodrigues e Luis Filipe Silveira Schmidt	
7. Avaliação das funções cognitivas na infância.....	171
Mônia Aparecida da Silva e Jaqueline de Carvalho Rodrigues	

8. Avaliação de memória de trabalho em pré-escolares.....	197
Dheyvson Fellipi de Oliveira Tomaz e Carla Alexandra da Silva Moita Minervino	
9. Avaliação da atenção na infância.....	221
Mayara Miyahara Moraes Silva, Armando dos Santos Afonso Junior, Alessandra Gotuzo Seabra e Luiz Renato Rodrigues Carreiro	
10. Avaliação da linguagem na infância e adolescência .....	252
Marco Antônio Silva Alvarenga, Vítor Neves Guimarães e Tatiana Cury Pollo	
11. Avaliação da praxia e dispraxia em crianças e adolescentes.....	277
Nadia Cristina Valentini, Glauber Carvalho Nobre e Rodrigo Flores Sartori	
12. Avaliação da nomeação automática rápida e de estímulos alternados e sua importância para a linguagem escrita .....	309
Patrícia Botelho da Silva, Amanda Douat Cardoso, Alexandre Luiz de Oliveira Serpa e Elizeu Coutinho de Macedo	
13. Adolescentes em conflito com a lei: relações entre impulsividade, funções executivas e fatores sociodemográficos.....	335
Jessica Daniele Silva de Vasconcelos Marques, Monilly Ramos Araujo Melo, Alanny Nunes de Santana, Rauni Jandé Roama-Alves e Carla Alexandra da Silva Moita Minervino	
14. Avaliação neuropsicológica de transtornos mentais .....	359
Cândida Alves e Marcia Cristina Nascimento Dourado	
15. Avaliação da deficiência intelectual na infância .....	383
Denise Balem Yates, Adriana Jung Serafini e Daiane Silva de Souza	
16. Avaliação psicológica na esclerose múltipla .....	408
Sabrina Martins Barroso e Victor Linking Magalhães Campos	
17. Avaliação cognitiva nos transtornos de humor e de ansiedade em adultos e idosos.....	433
Lisandra Borges, Ricardo Franco de Lima, Priscila Mara Lorencini Selingardi e Makilim Nunes Baptista	

18. Transtornos de ansiedade em crianças e adolescentes .....	461
Manuela Ramos Caldas Lins, Ana Carla Gameleira, Priscila Magalhães Barros Felinto e Débora Alves de Amorim	
19. Transtorno de déficit de atenção/hiperatividade na infância: avaliação neuropsicológica e intervenção .....	492
Regina Luísa de Freitas Marino, Ariane Cristina Ramello de Carvalho e Tatiana Pontrelli Mecca	
20. Transtornos de aprendizagem: como identificar e intervir?.....	520
Natalia Becker, Mirella Liberatore Prando e Jerusa Fumagalli de Salles	
21. Transtorno neurocognitivo decorrente da doença de Alzheimer: o que precisa ser avaliado e como deve ser feita a intervenção?.....	546
Jaqueline de Carvalho Rodrigues e Murilo Ricardo Zibetti	
22. Acidente vascular encefálico e suas implicações cognitivas .....	576
Karina Ferreira Leão Junqueira e Daniela Sacramento Zanini	
Sobre os autores.....	595
Índice .....	613





## Prefácio

A avaliação psicológica é por excelência e por legislação uma atividade exclusiva do psicólogo. Como a todo momento constroem-se novos instrumentos e novas técnicas de avaliação e intervenção, é uma área que demanda do profissional uma constante atualização teórica e prática. O desenvolvimento só se torna realidade quando há pesquisa envolvida, pois ela traz a inovação e a comprovação de que os novos instrumentos e intervenções têm suas evidências de validade.

O crescente desenvolvimento da área de avaliação psicológica no Brasil se reflete nos grupos de trabalho da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Psicologia (Anpepp) especificamente voltados para essa área, dedicando-se de forma sistemática e produzindo pesquisas e materiais didáticos para melhorar a formação dos psicólogos e interessados na área. Este livro é, então, fruto do trabalho de um desses grupos, o que já dá indícios de sua excelência. É composto de capítulos escritos por pesquisadores de diferentes instituições, focados na temática de avaliações cognitiva e neuropsicológica, e organizado por uma pesquisadora com um consistente currículo na área e duas jovens pesquisadoras com muito potencial.

O avanço no conhecimento nas áreas de avaliações cognitiva e neuropsicológica mostra a importância de um livro que aborde esses temas de forma ampla e didática. São revisitados conceitos de cunho mais médico, como neuroanatomia, neurofisiologia e plasticidade cerebral, importantes para homogeneizar o conhecimento do leitor a fim de melhor entender o livro, assim como temas clássicos, como avaliação da atenção, memória, linguagem e outros componentes cognitivos. Além disso, traz uma seção inteira focada em avaliação para diferentes quadros clínicos, o que muito auxilia o profissional que pretende se aprofundar nesse conhecimento. O fato de o livro apresentar exemplos de casos reais faz com que o leitor se aproxime mais da prática profissional, podendo melhor entender como agir em diversas situações.

Dois aspectos que considero relevantes para os profissionais que trabalham com avaliação e que não foram negligenciados neste livro: as questões éticas que devem ser observadas desde o recebimento do paciente até a entrega dos resultados e a apresentação de diversas orientações práticas sobre como realizar uma avaliação cognitiva e uma neuropsicológica. Sabemos o quanto “o como fazer” faz falta nas formações em psicologia, muitas vezes somente centrada em aspectos teóricos, carecendo de aplicabilidade. Isso se

torna mais importante na junção da experiência prática com a pesquisa, características de vários dos autores dos capítulos que compõem este livro.

Para finalizar, a introdução de novos instrumentos de avaliações cognitiva e neuropsicológica apresentada pelos autores originais engrandece a importância deste material e o caracteriza como inovador na área. Portanto, acredito que tanto alunos de graduação quanto profissionais formados, interessados em se aperfeiçoar, encontrarão neste livro uma variedade grande de temas na área e referências de como continuar seu aprendizado. Além disso, para nós, professores e profissionais dedicados à formação de psicólogos, sem dúvida, compõe-se de um rico material, pois cada capítulo é apresentado com um resumo do que o leitor irá aprender, assim como questões com respostas comentadas, o que facilita o processo de aprendizagem.

Por todos esses motivos, convido-os para uma boa leitura!

**Denise Ruschel Bandeira**

## Apresentação

A avaliação cognitiva envolve a análise de diversos processos psicológicos, de seus componentes e subcomponentes, sendo o entendimento deles essencial para uma condução tecnicamente embasada de processos de avaliações psicológica e neuropsicológica nos mais variados contextos. Várias dificuldades apresentadas por pessoas que são submetidas à avaliação estão relacionadas a domínios do funcionamento cognitivo, como inteligência, atenção, funções executivas, memória, linguagem, praxias, habilidades visuomotoras, entre outros processos. Este livro pretende discutir diferentes princípios e técnicas para a avaliação cognitiva, considerando-a como um processo abrangente. Serão abordadas também práticas relacionadas a esse processo, como a reabilitação neuropsicológica.

Desse modo, o livro introduz a discussão a respeito da formação e do funcionamento do cérebro e apresenta capítulos sobre a avaliação de diferentes funções cognitivas, bem como de transtornos mentais e do desenvolvimento em que elas podem ter um funcionamento prejudicado. Alguns capítulos discutem o passo a passo das avaliações psicológica e neuropsicológica de funções cognitivas e dos seus componentes e subcomponentes, incluindo diferentes procedimentos.

Entende-se que a avaliação é um processo amplo e cientificamente estruturado de produção de informações, com o objetivo de tomada de decisão e direcionamento das intervenções. Assim, em todos os capítulos ressalta-se a importância do conhecimento teórico para a produção de informações, bem como para determinar potencialidades e dificuldades em vários domínios da vida da pessoa avaliada. Aspectos éticos da avaliação são amplamente considerados, bem como a prática contextualizada que garanta o respeito aos direitos humanos. O livro aborda conhecimentos específicos da psicologia, como alguns testes psicológicos, mas também tem uma perspectiva multiprofissional, ao englobar os conhecimentos da neuropsicologia. Sendo assim, trata-se de uma obra destinada a estudantes e profissionais de diferentes áreas que têm a avaliação cognitiva como foco de interesse.

Os capítulos foram escritos por autores brasileiros, em sua maioria professores, clínicos e profissionais com experiência em suas áreas de atuação. Muitos deles são reconhecidos nacionalmente, e até internacionalmente, por suas experiências, o que confere grande qualidade técnico-científica à obra. Além disso, o planejamento dos capítulos considerou assuntos atuais e neces-

sários à formação em cursos de graduação e especialização em avaliação psicológica e em neuropsicologia. Como diferencial, cada capítulo se inicia com a seção “O que você aprenderá neste capítulo?” que apresenta os objetivos, e possui, ao final, questões de múltipla escolha comentadas que visam a uma melhor apropriação do conhecimento, além de poderem ser utilizadas por professores em atividades de ensino. Com isso, espera-se que o livro *Avaliação cognitiva: princípios e técnicas* contribua para a formação de profissionais competentes e comprometidos com um trabalho ético, abrangente e crítico na área de avaliação.

# 1

## Introdução à neuropsicologia: neuroanatomia, neurofisiologia e plasticidade cerebral

Henrique Alvarenga da Silva

Matheus Silva Prenassi

Alexandre Siles Vargas Junior

Drielle Barbosa Pereira

### O que você aprenderá neste capítulo?

Este capítulo propõe uma discussão a respeito de como o cérebro se formou, como funciona e como suas partes se integram. Foram levantados, desde as primeiras reflexões filosóficas até estudos de casos marcantes da história da neuropsicologia, que ajudaram na consolidação do conhecimento acerca das regiões do cérebro e sua relação com o comportamento, a cognição e a emoção. Buscou-se ainda conceituar como as funções associativas se organizam através dos complexos sistemas que compõem o arcabouço estrutural cerebral. Foram discutidos os conceitos básicos das funções cognitivas e das emoções, bem como o que há de atual sobre o entendimento da neuroplasticidade cerebral.

### Introdução

Os humanos são uma espécie extraordinária. Somos mais de 7 bilhões de seres extremamente curiosos, criativos e inventivos, e estamos a todo momento resolvendo problemas. Estamos em praticamente todo o planeta e já começamos a explorar o universo. Embora, numa escala geológica, sejamos uma espécie bastante recente, estima-se que nosso planeta tenha se formado há cerca de 4,5 bilhões de anos (Lewis, 2001; Patterson, 1956), mas o fóssil mais antigo do *Homo sapiens* data de apenas 300 mil anos atrás<sup>1</sup> (Hublin

---

<sup>1</sup> Toda existência da humanidade corresponde a apenas 0,0067% dos 4,5 bilhões de anos de nosso planeta.

et al., 2017). Não surgimos de repente, evoluímos ao longo de milhões de anos. Geneticamente somos muito parecidos com nossos primos mais próximos. Compartilhamos praticamente 94% de nosso DNA com os chimpanzés (Demuth, De Bie, Stajich, Cristianini, & Hahn, 2006). Entretanto, pequenas diferenças podem ter enormes implicações.

Os mais antigos fósseis de primatas, de mais de 40 milhões de anos atrás, tinham cérebros pequenos (Preuss, 2007; Rogers et al., 2010). Desde então, o cérebro dos primatas continuou evoluindo, aumentando em volume, atingindo o ápice de tamanho na espécie humana. Quando comparados com chimpanzés e macacos, o cérebro humano cresceu de forma desproporcional na região do córtex pré-frontal, parietal e em áreas de associação do lobo temporal (Smaers & Vanier, 2019). O cérebro do *Homo sapiens* triplicou de volume e dobrou em tamanho relativo, quando comparado aos seus ancestrais de 3 milhões de anos atrás (McHenry, 1994). Estima-se que os mais antigos membros da família *hominidae* tinham cérebros do tamanho de chimpanzés modernos, com apenas 400 ml. Um milhão e meio de anos depois, registros fósseis indicam que os do *Homo erectus* eram de 800 ml (McHenry, 1994). Os seres humanos modernos têm um cérebro atualmente com cerca de 1.400-1.500 ml, com aproximadamente 86 bilhões de neurônios (Herculano-Houzel, 2009).

A necessidade de um organismo de processar informações sobre seu ambiente é uma força motriz por trás da evolução. Quanto mais rápido for esse processamento, mais adequadamente ele será capaz de responder aos desafios ambientais e melhores serão suas chances de sobrevivência (Hofman, 2014, 2015). Em organismos complexos, especialmente nos primatas, a complexidade dos circuitos neuronais se correlaciona com a capacidade do processamento da informação (Hofman, 2015). Estudos comparando humanos com primatas não humanos mostram que a evolução do cérebro do *Homo sapiens* não envolve apenas um crescimento, mas também inúmeras outras transformações na estrutura e organização de diversas áreas corticais, a redistribuição de conexões de longa distância e a assimetria hemisférica, com modificações significativas na neurofisiologia e no metabolismo energético (Preuss, 2011).

O aumento de tamanho do cérebro trouxe como consequência uma maior demanda de energia para suprir o metabolismo neuronal. Os neurônios consomem vastas quantidades de energia não apenas para a comunicação, por meio de impulsos elétricos e químicos, mas também para a manutenção celular nos neurônios em repouso (Niven, 2016). Apesar de o cérebro humano

representar apenas 2% do peso corporal, ele é responsável por 20% do metabolismo total do corpo (Attwell & Laughlin, 2001; Mink, Blumenshine, & Adams, 1981). Isso é quase o dobro da proporção observada em primatas não humanos, nos quais o metabolismo cerebral representa de 9% a 12% do metabolismo total do corpo e praticamente dez vezes mais do que nos roedores (2%) (Magistretti & Allaman, 2015). Grande parte dessa alta demanda de energia deriva justamente dos neurônios, e é o córtex cerebral, região cinzenta onde se localiza a maior parte dos neurônios, o responsável por quase metade da energia consumida no cérebro (Lennie, 2003).

De fato, a expansão do córtex cerebral é uma das mais distintas características morfológicas do cérebro dos mamíferos (Hofman, 2015). Então, para expandir a quantidade de neurônios de um cérebro, é necessário aumentar a superfície cortical. E a forma como a evolução encontrou de fazer isso foi por meio de dobraduras, criando giros e sulcos.

O cérebro dos primatas também tem uma grande quantidade de giros e dobraduras, aumentando significativamente a superfície cortical (Rogers et al., 2010). Nos humanos essa área corresponde a aproximadamente 2.000 cm<sup>2</sup>, o que é mais de quatro vezes maior do que seria previsto sem os giros e dobraduras (Hofman, 2014). Se o cérebro de um rato, que tem um volume de 0,5 cm<sup>3</sup>, fosse aumentado proporcionalmente para o tamanho do cérebro humano, a superfície cortical seria de apenas 480 cm<sup>2</sup> (Hofman, 2014).

Entretanto, à medida que o cérebro se expande, aumentam as distâncias entre os neurônios e com isso o tempo de condução da informação. O resultado é a perda de *performance* cognitiva. A solução da natureza foi a criação de áreas especializadas no cérebro que, trabalhando mais próximas, agilizam o processamento (Hofman, 2014). Talvez, por isso, a evolução do neocórtex em primatas seja caracterizada, principalmente, pelo desenvolvimento e pela multiplicação de grupos de neurônios fortemente interconectados e em proximidade física (Hofman, 2014). Isso pode até explicar por que espécies com cérebros grandes desenvolvem regiões especializadas em determinada função e até mesmo a lateralização das funções cognitivas mais complexas. Funções que requerem um alto grau de processamento local e controle sequencial, como a comunicação linguística, tendem a se desenvolver em um dos hemisférios (Hofman, 2014).

A linguagem, um dos mais complexos comportamentos humanos, envolvendo tanto aspectos motores como processos cognitivos complexos, requer um extenso conhecimento dos significados das palavras, da gramática da

língua, da forma dos sons, uma capacidade de integrar as habilidades verbais com a expressão e entonação apropriadas e um rápido processamento de toda essa informação. Para agilizar esses processos, faz sentido que os neurônios responsáveis por funções cognitivas complexas estejam o mais próximo possível e não em hemisférios distintos (Ocklenburg, Hirnstein, Beste, & Güntürkün, 2014).

Atualmente, conhecemos a função de várias regiões corticais. Sabemos que algumas são responsáveis pela coordenação motora, pela visão, pelas emoções, pela memória, entre outras. Mas não foi fácil chegarmos até aqui. A história de como compreendemos a especialização e localização das funções cerebrais foi uma trajetória tortuosa, permeada de confusões, equívocos e dúvidas.

## Breve história da neuropsicologia

A neuropsicologia, ciência que estuda a relação entre as funções cerebrais e as emoções e o comportamento, é uma área relativamente nova na história da medicina e da psicologia. O reconhecimento da importância do córtex cerebral nas funções intelectuais e integrativas e o estudo sistemático das funções cerebrais tiveram origem apenas no final do século XIX (Creutzfeldt, 1995). Inicialmente, o estudo das correlações entre lesões cerebrais e a disfunção observada era denominado de *brain pathology* (patologia cerebral) (Creutzfeldt, 1995). A partir de meados do século XX, com a publicação de *The organization of behavior: a neuropsychological theory*, de Donald Hebb (1949), o termo neuropsicologia passa a ser usado para descrever o estudo da relação entre o cérebro e as funções mentais (Creutzfeldt, 1995). Nesse livro, Hebb propunha explicar o comportamento em termos da função cerebral, algo considerado inovador na ocasião, servindo de inspiração para muitas pesquisas subsequentes (Brown, 2006, 2020).

No século XVIII, Franz Josef Gall havia hipotetizado que certas “qualidades psicológicas” estariam localizadas em regiões específicas do córtex. Gall, originalmente, denominou sua teoria de “craniologia”, depois “organologia” e finalmente “frenologia – a ciência da mente” (Greenblatt, 1995). A ideia da localização de funções cerebrais era uma novidade na ciência médica da época. Entretanto, as noções de Gall eram bastante fantasiosas, atribuindo a determinadas regiões do córtex cerebral funções e capacidades tais como “talento poético”, “esperança”, “força de vontade”, entre outras (Creutzfeldt,



1995). Embora a maior parte das correlações entre funções e localização cerebral da frenologia tenha se mostrado falsa, as descrições anatômicas dos córtex realizadas por Gall e inúmeros outros cientistas europeus assentaram os pilares para as posteriores distinções anatômicas e funcionais das regiões corticais (Creutzfeldt, 1995).

Uma das primeiras formas de correlacionar funções mentais e regiões cerebrais foi por meio do estudo da relação entre lesões no cérebro e disfunções mentais ou comportamentais. Alguns desses casos se tornaram famosos na história da medicina e da psicologia. Phineas Gage, Louis Victor Leborgne (“Tan”) e Henry Gustav Molaison (HM) talvez sejam os pacientes mais citados na história da neuropsicologia.

Phineas Gage, um jovem de 25 anos que trabalhava na construção de rodovias, depois de uma lesão no lobo frontal, deixou de ser um sujeito de hábitos moderados, passando a ser desinibido e impaciente. O trabalho detalhado de Harlow (1848) em documentar a anatomia da lesão e o estado mental subsequente de Gage indicava haver uma relação entre os lobos frontais e a personalidade.

Alguns anos depois, surgiu um outro importante marco da correlação estrutura-funcionalidade, com determinação de que certas áreas do cérebro eram responsáveis pela linguagem. O caso do paciente Louis Victor Leborgne, conhecido por “Tan”, foi relatado por Paul Broca numa série de artigos entre 1861 e 1865. Leborgne, de 51 anos de idade, chegou ao centro cirúrgico no Bicetre, onde trabalhava o cirurgião Broca, devido à celulite (processo infeccioso que acomete a derme profunda e o tecido subcutâneo) e gangrena. Ele havia perdido a capacidade de falar por volta dos 31 anos de idade e seu apelido era “Tan”, pois tudo que conseguia pronunciar era “tan, tan”. Leborgne faleceu alguns dias depois, e Broca notou na necrópsia a presença de uma lesão na base do terceiro giro do lobo frontal esquerdo, acreditando, então, haver uma relação entre essa lesão e a inabilidade para a fala do paciente (Finger, 2004). Assim, a síndrome clínica ficou conhecida como “afasia de Broca” e é caracterizada por dificuldade de fluência da fala espontânea e na repetição de frases, mas com compreensão relativamente preservada (Hillis, 2007).

Em 1874, Carl Wernicke, com apenas 26 anos de idade, publica um trabalho pioneiro sobre afasia, reconhecendo certas formas desse distúrbio na qual a compreensão é que estava afetada (Geschwind, 1974). A síndrome clínica descrita por Wernicke caracterizava-se por uma grande dificuldade

na compreensão de palavras, frases e conversas, mas com uma certa preservação da capacidade de repetição e da fluência das palavras, porém com frases relativamente sem sentido, às vezes causando a impressão de que a pessoa estava falando um outro idioma. Além disso, usualmente o indivíduo com afasia de Wernicke não tinha consciência dos próprios erros (Hillis, 2007). Wernicke, então, chamou esse distúrbio de “afasia de condução” e sugeriu que a fala depende da interação de diversas regiões corticais, interpretando, então, alguns casos de afasia como uma síndrome de desconexão causadas por lesões na substância branca (Catani & Ffytche, 2005; Geschwind, 1974).

As análises dos efeitos de lesões cerebrais no funcionamento mental também ajudaram a elucidar diversos aspectos da memória humana. Em 1957, Brenda Milner descreveu os déficits de memória do paciente Henry Gustav Molaison (HM), submetido à ressecção bilateral da porção medial do lobo temporal para tratamento da epilepsia (Scoville & Milner, 1957; Squire, 2009). Depois da cirurgia, HM não conseguia mais consolidar novas memórias. Esquecia rapidamente tudo que havia acontecido. Depois de ser examinado pelos médicos, rapidamente se esquecia de que tinha sido consultado e tinha dificuldade em se lembrar até mesmo de que havia sido operado. Tinha dificuldade em saber onde deixava objetos de uso cotidiano. Mesmo dois anos depois, continuava acreditando que a data era março de 1953 que tinha 27 anos, sua idade na ocasião em que foi submetido à cirurgia. Embora tenha havido uma perda parcial de memória retrógrada dos últimos três anos anteriores à cirurgia, as memórias mais antigas estavam preservadas, e ele podia lembrar-se de sua vida passada sem dificuldades. As descobertas advindas do caso de HM mostraram que a memória é uma função cerebral distinta de outras habilidades perceptivas e cognitivas, e que o lobo temporal e o hipocampo têm importantes funções na consolidação da memória (Squire, 2009; Squire & Wixted, 2011).

O estudo de pacientes com lesões cerebrais contribuiu muito para a nossa compreensão das bases biológicas da cognição humana, mas essa abordagem tem várias limitações. Por exemplo, não há controle de onde a lesão vai ocorrer, e, frequentemente, elas não são bem delimitadas; além disso, cada ser humano é único, e danos similares em pessoas diferentes podem produzir efeitos distintos (Bell & Bultitude, 2018). Finalmente, lesões cerebrais em seres humanos não podem ser previstas, e não podemos escolher quando um caso irá ocorrer. Devido a essas restrições, pesquisas com animais, utilizando

uma variedade de técnicas, com lesões temporárias e permanentes, ajudaram a complementar o conhecimento dessas relações entre cérebro e função. Em 1878, Hermann Munk demonstrou que a ablação do lobo occipital em cães levava à “cegueira psíquica”. Seus trabalhos subsequentes, de deficiências funcionais em consequência de lesões em áreas específicas do córtex, fundaram as bases para a investigação experimental das funções corticais superiores (Creutzfeldt, 1995).

Mas o estudo das lesões e de suas consequências não é a única forma de compreender as funções de diferentes regiões do cérebro. Até meados do século XX, a neurocirurgia era realizada sob anestesia local, com o paciente consciente (Creutzfeldt, 1995). Dessa forma, os cirurgiões Penfield e Boldrey (1937) puderam mapear diversas respostas motoras e sensoriais no córtex cerebral por meio de estimulações elétricas no cérebro de pacientes durante as cirurgias.

A descoberta do eletroencefalograma (EEG), na primeira metade do século XX, inaugurou outra linha de pesquisas sobre o cérebro e ajudou a desenvolver a incipiente área da neurofisiologia (Stone & Hughes, 2013). O EEG, entretanto, se mostrou muito limitado para analisar o funcionamento cerebral de áreas específicas.

As pesquisas de localização de funções mentais ganharam um novo impulso com a utilização de radioisótopos. Ao longo da segunda metade do século XX, tecnologias para detectar a emissão de pósitrons (*positron emission tomography* - PET) foram sendo refinadas para visualização da distribuição e das taxas de fluxo sanguíneo em regiões do cérebro (Lassen, Ingvar, & Skinhøj 1978). A noção de que mudanças no fluxo sanguíneo numa região do cérebro são consequência de alterações na atividade cortical dessa região já havia sido proposta desde o século XIX (Lassen et al., 1978). Com o advento da PET, passou então a ser possível mapear funções cerebrais de uma forma inteiramente nova em seres humanos conscientes.

A busca pela compreensão da função de cada uma das regiões do cérebro avançou significativamente no último século, e hoje temos uma compreensão bastante razoável das consequências das lesões. Mas não são apenas essas que interferem no funcionamento cerebral. Alterações nas conexões da rede neuronal são também responsáveis por uma miríade de problemas. Transtornos do desenvolvimento, deficiências intelectuais, transtorno do espectro autista e esquizofrenia são alguns exemplos de transtornos relacionados a alterações em circuitos neuronais.

## Conectando o cérebro

O cérebro humano é uma estrutura complexa, altamente organizada e anatomicamente dividida entre várias regiões distintas e especializadas, e alterações nessas estruturas têm efeitos potencialmente devastadores sobre o pensamento e o comportamento. Toda essa organização necessita de uma imensa quantidade de informações para ser construída, dependendo de informações codificadas em nossos genes. Entretanto, apesar de a informação genética ser imensa, não é suficiente para especificar toda a complexidade do cérebro humano, com mais de 80 bilhões de neurônios e possivelmente 100 trilhões de conexões. Tudo indica que os genes podem apenas oferecer um plano geral para elaboração dos mapas corticais, mas outras informações são necessárias (Chen et al., 2011).

A formação do sistema nervoso depende, então, tanto de influências genéticas como epigenéticas (além dos genes), de forma combinada. Ou seja, as informações necessárias para coordenar todo esse arranjo derivam tanto da própria célula como também de informações de outras células ao redor e de informações do mundo externo, de forma sincronizada, ao longo do desenvolvimento (Kandel, Schwartz, Jessell, Siegelbaum, & Hudspeth, 2014). Do ponto de vista local, uma célula recebe informações não apenas de seu próprio código genético, mas também de células vizinhas, num processo de interação célula-célula. Essa interação é um aspecto fundamental na diferenciação e formação do sistema nervoso. De fato, sinais provenientes de outras células têm um papel crítico na diferenciação e na organização da maioria dos neurônios (Kandel et al., 2014, p. 1011).

Contudo, simplesmente gerar bilhões de neurônios, de diversos tipos, e organizá-los em suas respectivas posições nas mais diversas regiões do cérebro é apenas uma parte da história. Bem mais complicado é conectá-los. Por muitos anos, os neurobiologistas não conseguiam compreender como os axônios dessas células encontravam seus alvos para formar os circuitos neurais, ou seja, o que orientava a formação da imensa rede de trilhões de conexões no cérebro. Essa era uma questão que intrigava Ramón y Cajal desde o descobrimento dos neurônios, e até hoje nosso conhecimento ainda é ínfimo (Stoeckli, 2018). Nosso entendimento de como essas vias de sinalização são reguladas por informações extracelulares ainda é fragmentado (Polleux & Snider, 2010). Apesar de não sabermos exatamente como, é certo que a formação dos circuitos cerebrais é dependente da interação do indivíduo com seu meio, tanto nos aspectos físicos como também nos aspectos sociais.

Essa interação, da genética com o ambiente, determina o nascimento, a morte e as características celulares dos neurônios, assim como a formação das conexões de toda rede neural do cérebro. O desenvolvimento do sistema nervoso central começa durante a vida embrionária e continua durante toda a gestação até o início da vida adulta. Entretanto, existem momentos, durante o desenvolvimento, em que certas funções, habilidades ou capacidades são mais prontamente afetadas pela experiência. Ou seja, o impacto de muitas de nossas experiências depende do momento em que ocorrem (Tau & Peterson, 2010).

Essas janelas temporais, que ocorrem durante o ciclo de vida do sujeito, nas quais determinados circuitos do cérebro são mais propensos à aquisição de informações para se desenvolver, são usualmente conhecidas como “períodos críticos” ou “períodos sensíveis” (Hensch, 2004). Período crítico é uma expressão genérica para indicar que os efeitos da experiência sobre cérebro são bem mais intensos quando ocorrem em determinada fase da vida e que resultam em mudanças duradouras nas funções cerebrais (Knudsen, 2004). A identificação dessas janelas é de particular importância porque os efeitos da falta de estímulos, de experiência ou de experiências atípicas durante um período crítico podem não ser remediáveis mais tarde na vida (Knudsen, 2004). A falta de estimulação pode, então, prejudicar gravemente ou até mesmo impedir o desenvolvimento de uma habilidade (Hensch, 2004).

A influência excepcionalmente forte da experiência inicial na arquitetura do cérebro torna os primeiros anos de vida um período de grande oportunidade e vulnerabilidade para o desenvolvimento desse órgão. Após o nascimento, os primeiros anos de vida são caracterizados por mudanças drásticas na estrutura e função cerebral do bebê. O cérebro cresce até por volta de 70% do seu tamanho adulto no primeiro ano de vida e aproximadamente 80% aos 2 anos (Tau & Peterson, 2010). Um ambiente adverso na infância, com privação de estímulos sensoriais, sociais ou emocionais, pode ter efeitos prejudiciais no desenvolvimento do cérebro, mesmo se um ambiente saudável for restaurado em uma idade posterior (National Scientific Council on the Developing Child, 2008).

Em animais, a privação auditiva leva a uma série de alterações na organização cortical, como redução da densidade neuronal e da atividade sináptica em diversas áreas associadas do cérebro, e até mesmo à reutilização de circuitos das áreas auditivas para funções visuais (Sharma, Dorman, & Spahr, 2002). Estima-se que, nos seres humanos, o sistema auditivo tenha sua plasti-

cidade máxima até os 3,5 anos de idade, com alguma capacidade plástica ainda presente até os 7 anos (Sharma et al., 2002). Essa informação é de grande relevância prática para, por exemplo, a determinação do momento ideal para o tratamento da surdez congênita por meio do uso de implantes cocleares.

A capacidade da visão, assim como a da audição, também necessita de estímulos no tempo adequado, e a privação visual na infância tem graves consequências. No início da década de 1960, Wiesel e Hubel (1963, 1965) demonstraram que a privação unilateral no início da vida em gatos causava anormalidades permanentes no córtex visual. Nesses dois trabalhos clássicos e em estudos anatômicos, eletrofisiológicos e comportamentais subsequentes, Hubel e Wiesel tentaram definir o “período crítico” para o desenvolvimento visual esperado em animais (Lewis & Maurer, 2005). Em seres humanos, estima-se que o período de maior plasticidade neuronal para formação adequada da visão esteja entre o décimo dia de vida até 5 ou 10 anos de idade (Lewis & Maurer, 2005). Doenças que impedem que estímulos visuais cheguem ao córtex, como a catarata, poderão afetar a capacidade da visão de forma definitiva se não forem tratadas a tempo. Por exemplo, a privação visual no período entre o nascimento até 2-6 meses de idade pode resultar em déficits permanentes no reconhecimento de rostos. Mesmo depois de mais de nove anos de recuperação, pacientes tratados de catarata congênita bilateral ainda tinham graves déficits em alguns aspectos do processamento visual da face humana (Le Grand, Mondloch, Maurer, & Brent, 2001).

Funções sensoriais, tais como a visão e audição, podem ser avaliadas objetivamente por diversos métodos, e, portanto, estimar o impacto da falta de estímulos na formação dessas capacidades é relativamente simples. Todavia, é bem mais complicado mensurar o impacto de privações em construtos como a personalidade, as habilidades sociais e as emoções. Os relatos históricos de crianças criadas por animais são, muitas vezes, imprecisos, e, apesar de repletos de alterações comportamentais e diversas dificuldades de adaptação à sociedade humana, usualmente não existem dados acerca de alterações cerebrais (Zingg, 1940). Por sua vez, estudos em crianças institucionalizadas, criadas em orfanatos, mostraram que a privação global precoce leva a diversas alterações no cérebro.

O caso mais extremo de maus-tratos em larga escala na primeira infância, na história recente, foi a severa privação institucional infligida às crianças que viviam nos orfanatos romenos do regime de Nicolae Ceausescu. As políticas sociais e os graves problemas econômicos na Romênia, na década de

1980, resultaram na institucionalização de mais de 100 mil crianças, muitas ainda no primeiro mês de vida (Kumsta et al., 2015). Esses orfanatos eram descritos como sem cores, quietos, com pouca estimulação visual e auditiva (Morison, Ames, & Chisholm, 1995). A proporção criança-cuidador variava de 8 : 1 até 35 : 1, e muitos bebês passavam a maior parte do dia em seus berços sem supervisão (Morison et al., 1995). O resultado foi uma privação global precoce com o contato humano e estimulação cognitiva mínimas durante os primeiros anos de vida (Kumsta et al., 2015). Em consequência disso, o cérebro desses órfãos romenos mostrou um metabolismo significativamente diminuído bilateralmente no giro orbital frontal, no córtex pré-frontal infra-límbico, nas estruturas temporais mediais (amígdala e cabeça do hipocampo), no córtex temporal lateral e no tronco cerebral (Chugani et al., 2001), além de alterações na conexão em diversas outras áreas do cérebro (Eluvathingal et al., 2006). Ou seja, assim como já ressaltado por diversos psicólogos, os estudos do *Bucharest Early Intervention Project* (Beip), que acompanharam as crianças institucionalizadas da Romênia, demonstraram que a privação profunda no início da vida pode ter consequências trágicas de longo prazo para o desenvolvimento psicológico, neurológico e biológico (Nelson, Fox, & Zeanah, 2014). Apesar de a privação na infância ter profundas consequências na estruturação e na formação dos circuitos cerebrais, a capacidade de as crianças se recuperarem também é grande, e quanto mais cedo inseridas em ambientes saudáveis, maior a chance de melhora (Nelson et al., 2014). Esses achados indicam a considerável “plasticidade” do cérebro.

## Neuroplasticidade

O termo plasticidade tem sido usado na ciência há mais de um século para se referir às mudanças na organização do sistema nervoso. Antes mesmo da descoberta da existência dos neurônios e das sinapses, William James (1890) já utilizava o termo “plasticidade” em relação à capacidade de adaptação do tecido nervoso aos estímulos externos. Mas esse conceito se popularizou com Santiago Ramón y Cajal, que, pela primeira vez, descreveu a morfologia e as conexões no sistema nervoso, descobriu o crescimento dos axônios, reconheceu que a arquitetura cerebral não poderia ser algo fixo e que mudanças dinâmicas nessa estrutura eram as bases dos processos mentais (DeFelipe, 2006). Desde então, a arquitetura do córtex cerebral começou a ser considerada plástica, ou seja, suscetível à mudança dependendo da atividade neuronal (DeFelipe, 2006).

Plasticidade se refere a uma mudança na estrutura em resposta a uma força externa e à manutenção dessa forma após a remoção dessa força (em oposição à “elasticidade”, em que a forma retorna ao aspecto original após a remoção da força) (Berlucchi & Buchtel, 2009; Will, Dalrymple-Alford, Wolff, & Cassel, 2008). Entretanto, o conceito moderno de plasticidade neural foi cunhado em meados da década de 1970 por Jacques Paillard, quando propôs que nem toda mudança no sistema nervoso deve ser considerada como sinal de plasticidade, mas apenas as mudanças, ao mesmo tempo, estruturais e funcionais (Will et al., 2008). A neuroplasticidade é, então, a capacidade do sistema nervoso para se reorganizar ou se adaptar a diferentes situações externas para que possa responder de acordo com o esperado em cada momento da vida, desenvolvendo novas habilidades. Em outras palavras, é a capacidade do sistema nervoso para modificar sua estrutura e/ou função em resposta a contextos específicos, como exposição periódica à estimulação de certas habilidades, lesões cerebrais e competição inter-hemisférica (Mansur-Alves, 2014; Willis, & Schaie, 2009).

Mudanças estruturais no sistema nervoso central podem se dar de diferentes maneiras, como a formação de novas conexões neuronais ao longo da vida. Ademais, a força entre as conexões sinápticas também pode se modificar, uma vez que, quando neurônios disparam juntos, a conexão entre eles é fortalecida (Oliva, Dias, & Reis, 2009). Por fim, pode haver mudanças estruturais no sistema nervoso central por meio do surgimento de novos neurônios, um processo conhecido como neurogênese (Kolb & Whishaw, 2015).

A formação de novas conexões pode ocorrer por meio da criação de novos axônios ou dendritos. Um exemplo de plasticidade axônica na idade adulta é o fenômeno de membro-fantasma (Ramachandran, 2002). Pacientes com membros amputados podem experimentar sensações (propriocepção e até dor) relacionadas aos membros inexistentes porque, uma vez que ocorre a perda de inervação do membro, as células somatossensoriais da área amputada do sistema nervoso central se tornam extremamente ativas, e, com a ramificação dos axônios próximos à região amputada, pode haver a formação de novos circuitos neuronais, gerando a sensação-fantasma (Demidoff, Pacheco, & Sholl-Franc, 2007; Kolb & Whishaw, 2015; Souza & Codo, 2020). Os dendritos também podem se modificar a partir de estímulos, tanto no que se refere à sua disposição quanto ao seu tamanho e à sua ramificação, podendo aumentar ou diminuir sua capacidade de transmissão de impulsos (Souza & Codo, 2020).



No nível da organização sináptica, o aumento na eficiência acontece a partir do fortalecimento de conexões entre neurônios quando disparam juntos. Esse processo, hoje conhecido com o rótulo de *long term potentiation* (LTP), foi postulado por Donald Hebb em 1949 e demonstrado em meados da década de 1970 por Bliss e Lomo (1973). Acredita-se atualmente que a LTP seja um dos importantes mecanismos de plasticidade neuronal, responsável, por exemplo, pela formação das memórias declarativas (Bear, Connors, & Paradiso, 2020; Lynch, 2004).

Com relação ao nível morfológico, já foi demonstrado que a experiência pode modificar o volume do córtex. O volume da região posterior do hipocampo em taxistas londrinos é maior que o da população em geral, e, além disso, esse volume se correlaciona de forma positiva com a quantidade de anos de experiência (Maguire et al., 2000; Woollett, Spiers, & Maguire, 2009). Ademais, foi observado que as mudanças estruturais do cérebro observadas em taxistas também podem ser revertidas com a aposentadoria. Os motoristas de táxi em tempo integral tinham volume de substância cinzenta significativamente maior no hipocampo posterior do que os motoristas de táxi aposentados (Woollett et al., 2009). Entretanto, apesar da aposentadoria, os taxistas ainda tinham maior volume nessa região do que os controles não taxistas (Woollett et al., 2009). Isso indica que aprender, representar e usar a representação espacial de um ambiente altamente complexo e em grande escala é uma das importantes funções desempenhadas pelo hipocampo posterior em humanos e que essa região do cérebro tem a capacidade de se adaptar estruturalmente para acomodar sua elaboração (Woollett et al., 2009).

Finalmente, a plasticidade envolve também a formação de novos neurônios. Tradicionalmente, acreditava-se que a neurogênese só ocorria durante os estágios embrionários no sistema nervoso central dos mamíferos (Cajal, 1913). Só recentemente se tornou aceito que novos neurônios podem ser gerados no córtex de adultos (Ming & Song, 2005). Os estudos de Altman (1962) na década de 1960 apresentaram a primeira indicação da existência de células granulares dentadas recém-formadas no hipocampo pós-natal do rato. Daí em diante, diversos pesquisadores demonstraram a neurogênese em várias outras espécies e até mesmo em mamíferos adultos (Fares, Bou Diab, Nabha, & Fares, 2019; Reynolds & Weiss, 1992). Existem evidências de que esse processo, apesar de se reduzir com a idade, persiste em adultos e idosos, sustentando a função cognitiva ao longo da vida (Boldrini et al., 2018).

Entretanto, cabe ressaltar que a plasticidade neuronal nem sempre é adaptativa, podendo, em alguns casos, causar prejuízos na saúde física e psicológica. Alguns comportamentos desadaptativos, como o abuso de drogas, podem gerar mudanças na morfologia do córtex pré-frontal. Além disso, como outros exemplos de neuroplasticidade desadaptativa, podemos ressaltar a epilepsia e a demência, em que há um processo progressivo de deterioração dos neurônios (Kolb & Whishaw, 2015). Finalmente, podemos, então, agora nos perguntar: “Afim de contas, como essa estrutura chamada cérebro, com milhões de neurônios e trilhões de conexões, com potencial de se ajustar conforme a experiência e os estímulos, proporciona o pensamento?”.

## Cérebro e cognição<sup>2</sup>

Desde a Antiguidade, o homem tenta elucidar a relação entre a mente e o corpo, e, mais especificamente, a relação entre a mente e o cérebro. Ao longo da história, inúmeras teorias foram propostas sobre a essência da alma, a localização do intelecto e as causas dos distúrbios neurológicos e psiquiátricos. E controvérsias sobre a localização das funções mentais persistiram por mais de dois mil anos (Crivellato & Ribatti, 2007; Rose, 2009). Apesar de já ter sido atribuído ao sangue, ao ar e ao fogo, as maiores discussões eram se o pensamento estaria localizado no coração (doutrinas cardiocêntricas) ou no cérebro (doutrinas cefalocêntricas) (Crivellato & Ribatti, 2007).

A noção de que o coração era a fonte das emoções e dos pensamentos era muito difundida no mundo antigo, no Egito, na Mesopotâmia e na Grécia (Rose, 2009). Na Grécia, desde a época de Homero (900 a.C.), já havia teorias disputando se seria o cérebro ou o coração a origem da inteligência e do pensamento, mas, em geral, o coração era o mais aceito (Rose, 2009). Aristóteles foi um dos grandes nomes a considerar esse órgão a sede da alma e do intelecto, relegando o cérebro a funções mais subsidiárias, como dissipar o calor produzido pelo coração (Crivellato & Ribatti, 2007; Oleksowicz, 2018).

Por sua vez, diversos outros filósofos gregos, tais como Platão e Hipócrates, consideravam o cérebro a sede da alma, das emoções, da dor e do pensamento (Rose, 2009). A visão cefalocêntrica eventualmente prevaleceu, e a questão passou a ser então qual seria a região do cérebro importante para

---

<sup>2</sup> O site <http://www.fmriconsulting.com/brodmann/Introduction.html> traz interessantes imagens e informações sobre a correlação entre áreas do cérebro e funções psicológicas.

o pensamento: os ventrículos ou o tecido cerebral? A ideia de que as faculdades mentais se localizavam nos ventrículos influenciou as teorias de Galeno e muitos outros durante séculos, mantendo sua influência em grande parte da Idade Média até o Renascimento (Engelhardt, 2018).

Até meados do século XVII, pouca atenção havia sido dada à superfície, aos giros e aos sulcos do cérebro, pois acreditava-se que não tinham nenhuma função (Rose, 2009). A descoberta de que os ventrículos continham fluido cerebrospinal marcou uma transição importante, inaugurando uma nova era na qual o tecido cerebral passou a ser considerado a sede das funções mentais (Rose, 2009). O anatomista Andreas Vesalius foi um dos primeiros a distinguir a substância branca e cinzenta do cérebro. Em 1586, 20 anos depois da morte de Vesalius, Arcangelo Piccolomini consegue finalmente distinguir o córtex cerebral da substância branca (Catani, Sandrone, & Vesalius, 2015).

A história da neurociência moderna foi justamente a da compreensão de que é no sistema nervoso central, especificamente no córtex, que se encontram os principais centros de coordenação do comportamento e da cognição. É também onde se localiza a maior porcentagem de neurônios do corpo humano. Quando visualizado macroscopicamente, o cérebro é composto de uma camada cinzenta em toda sua superfície, com a maior parte de sua extensão, cerca de dois terços de sua área total, oculta devido à conformação girencefálica (Cosenza, 2013). Os sulcos delimitam os giros ou as circunvoluções cerebrais. Apesar de muito desses sulcos não terem nome, os externos, visíveis macroscopicamente, são referência anatômica para a delimitação dos lobos e das áreas cerebrais, sendo os sulcos lateral (de Sylvius) e central (de Rolando) de grande importância nessa divisão (Machado & Haertel, 2014).

Entretanto, a tentativa de compreensão desse sistema é desafiadora devido à falta de consenso entre a terminologia usada para a designação e delimitação anatômica das regiões cerebrais. Além disso, há uma falta de correspondência ocasional entre a região cerebral, sua topografia tradicional, disposição citoarquitetônica e especialização funcional (Mesulam, 2000).

Apesar de toda essa complexidade do sistema nervoso, sua análise pode ser facilitada por uma abordagem que, embora reducionista, é simples e útil. Sabemos que todas essas estruturas se organizam de forma dinâmica para processar a informação. Então, distinguir algumas das etapas do processamento da informação pode ser uma abordagem interessante. Apesar de diversos trabalhos já terem demonstrado que o cérebro processa informações tanto de forma serial (ou sequencial) como paralela (Yildiz & Beste, 2015;

Zeki, 2015), analisar o processamento da forma serial é mais simples numa primeira etapa.

Alguns autores distinguem quatro aspectos desse processamento serial: recepção, armazenamento, organização e expressão. Recepção envolve selecionar, adquirir, classificar e integrar informações; armazenamento refere-se aos processos de memória tanto de consolidação como de evocação das informações; organização está associada à criação de relações entre as informações, de conceitos, generalizações, juízos e planejamento; e expressão concerne aos comportamentos, tais como falar, escrever, movimentar etc. (Lezak, Howieson, Bigler, & Tranel, 2012).

A primeira etapa desse processamento é a recepção da informação. Acredita-se que primeiramente as informações sejam processadas em regiões do cérebro chamadas zonas de projeção, principalmente nos córtex sensitivo e motor, responsáveis por uma só modalidade de informação, motora ou sensitiva, ou seja, são áreas *unimodais* (Mesulam, 2000). A partir daí a informação é processada em regiões de associação *multimodais ou supramodais*, possibilitando o pensamento abstrato e a simbolização (Kandel et al., 2014; Mesulam, 2000).

As áreas de projeção motora e sensorial, de caráter unimodal, localizam-se, principalmente, nos giros pré e pós-centrais. A área somatossensorial ou somestésica, situada no giro pós-central, é uma zona de convergência de fibras nervosas originadas nos núcleos ventral posterolateral e posteromedial do tálamo, responsáveis por carrear informação sensitiva da metade contralateral do corpo e da face. A região motora primária situada no giro pós-central é de onde se originam os feixes que irão compor os tratos corticoespinhal e corticonuclear (Cosenza, 2013; Machado & Haertel, 2014). As áreas primárias, relativas aos sentidos, localizam-se de forma difusa no córtex cerebral. A visão tem sua região dedicada no sulco calcarino do lobo occipital, e fibras provenientes do trato geniculocalcarino chegam até essa região com a informação proveniente das imagens formadas da retina. Já a audição tem sua região dedicada no giro temporal transversal anterior, a partir de fibras originadas nos receptores auditivos da cóclea (ouvido interno), que passam pelo corpo geniculado anterior, e a informação das frequências sonoras é carreada até essa zona primária (Kandel et al., 2014).

As áreas de associação multimodais são principalmente a região temporo-parietal e a região pré-frontal, associadas à atividade do sistema límbico, que tem a função de controle do meio interno e das interações com o meio

externo (Cosenza, 2013). A região temporoparietal possui ampla integração com áreas unimodais do cérebro, e a isso se deve sua capacidade de integração de informações sensoriais fundamentais para a praxia (capacidade de coordenar o ato motor), a linguagem, o planejamento visuomotor e a atenção espacial. De forma integrada com o córtex pré-frontal, essa região tem papel na atenção seletiva, sendo esta uma função lateralizada à direita, predominando outras funções como a da linguagem no hemisfério contralateral (Cosenza, 2013). Essa assimetria fica evidente na sintomatologia diferente nas lesões de cada lado, ao passo que danos no hemisfério direito provocam desorientação espacial generalizada, com problemas na atenção e na manipulação do espaço extrapessoal, e no hemisfério esquerdo levam a problemas graves com a linguagem (Kandel et al., 2014).

O córtex pré-frontal é extremamente desenvolvido e corresponde a cerca de um terço da área do cérebro humano. Situado na região mais anterior do lobo frontal, trata-se de uma porção que coordena diversas modalidades sensoriais e integra-se com as áreas límbicas, possibilitando seu protagonismo no controle do comportamento (Mesulam, 2000). Essa região atua nas funções executivas, que são o conjunto de habilidades do indivíduo de planejar, executar e monitorar o comportamento de modo correspondente ao contexto em que se insere. Uma lesão nessa região pode desencadear, por exemplo, a síndrome da desinibição pré-frontal, quando há acometimento das regiões orbitofrontais e mediais, acarretando um aumento da impulsividade do sujeito. Pode haver também perda de julgamento, previsão e *insight*, ocasionando situações como a de o indivíduo urinar ou masturbar-se em público pela falta de controle sobre o próprio comportamento (Rabinovici, Stephens, & Possin, 2015).

## Cérebro e emoção

O estudo da origem das emoções humanas sempre esteve presente na história da humanidade, começando com Aristóteles, passando por Da Vinci, Darwin, Freud e alguns outros importantes cientistas que se empenharam e se empenham em descobrir como o cérebro age no controle e na regulação do comportamento e das emoções (Roxo, Franceschini, Zubarán, Kleber, & Sander, 2011). Em meados da década de 1950, Paul MacLean (1952) propôs o conceito de sistema límbico (límbico significa “contorno, borda”), uma área do cérebro responsável por processar emoções (Cosenza, 2013). Com

o avanço dos estudos neuroanatômicos e de neuroimagem, alguns cientistas constataram que nem sempre as partes que constituíam esse sistema atuavam de maneira conjunta e que elas englobavam muitas estruturas heterogêneas, preferindo denominar essa região de estruturas límbicas (Cosenza, 2013). Independentemente disso, quando se trata desse sistema, a ideia que se quer transmitir é como as partes do cérebro estão envolvidas no processamento das emoções. Além disso, atualmente, está bem fundamentado que o hipocampo, a região septal, o giro do cíngulo, o giro para-hipocampal, parte da ínsula e da amígdala, o polo temporal e, ainda, as porções medial e orbital da área pré-frontal estão relacionados ao processamento emocional (Roxo et al., 2011).

O hipocampo e outras estruturas associadas a ele, como o giro denteado, o complexo subicular e uma parte do giro para-hipocampal (córtex entorrinal), formam o conjunto conhecido como formação hipocampal. O hipocampo atua na regulação emocional, na atividade autônoma do corpo, no controle endócrino e na imunorregulação, mas sua principal função está relacionada com a memória e o aprendizado.

A relação do hipocampo com o trauma e o estresse tem sido bastante pesquisada nas últimas décadas. Um robusto corpo de pesquisas já demonstrou que, em animais, o estresse severo pode danificar a estrutura do hipocampo (Sapolsky, Uno, Rebert, & Finch, 1990). Entretanto, a relação do hipocampo com o desenvolvimento do transtorno de estresse pós-traumático (Tept) é mais controversa. Ao contrário do que poderíamos pensar, apenas uma minoria de pessoas desenvolve o Tept depois de um trauma, e, portanto, talvez algum fator de vulnerabilidade torne o indivíduo mais sujeito a esse desfecho (Kessler, Sonnega, Bromet, Hughes, & Nelson, 1995). Uma revisão recente sobre o tema sugere que o hipocampo de tamanho reduzido pode ser um desses possíveis fatores de vulnerabilidade (Szeszko, Lehrner, & Yehuda, 2018).

Em um estudo de caso controle, a fim de avaliar o papel do hipocampo no Tept, uma equipe de pesquisadores dos Estados Unidos mensurou o tamanho do hipocampo em veteranos de guerra que tinham irmãos gêmeos que não haviam ido para a guerra. Os resultados do experimento indicaram que, nos pares de gêmeos em que um deles foi diagnosticado com Tept, o hipocampo era significativamente menor quando comparado ao grupo de gêmeos no qual ambos não tinham Tept. Além disso, entre os irmãos gêmeos não havia diferença de tamanho do hipocampo. Assim, os autores sugerem que hipocampos com volumes reduzidos podem ser um fator de risco para Tept, ou seja, au-

mentam a chance de o sujeito desenvolver o transtorno quando em exposição ao trauma (Gilbertson et al., 2002).

A região septal, localizada embaixo do corpo caloso e antes da lâmina terminal e da comissura anterior, tem projeções amplas e complexas com o hipocampo, o hipotálamo, a amígdala, o tálamo e o giro do cíngulo, fazendo parte do sistema de recompensa do cérebro (Cosenza, 2013). Em animais, lesões bilaterais septais mostraram mudanças no comportamento emocional, chamado de “raiva septal”, descrita por uma hiperatividade emocional ou fúria excessiva, ocasionada em situações que, usualmente, não alterariam o comportamento do animal (Cosenza, 2013).

O giro do cíngulo faz parte da região cortical, na face medial do cérebro, e forma uma espécie de cinto (*cingulum*, em latim significa cinto) ao redor do corpo caloso. Está envolvida no processamento de emoções, da dor, da atenção e de informações visuoespaciais, na formação e no acesso de memórias de longo prazo, na seleção de respostas (envolvendo reforço e punição) e no controle motor intencional (Vogt, 2005). O giro para-hipocampal, localizado no lobo temporal medial, cercado o hipocampo, está relacionado à memória espacial envolvendo cenas e lugares novos observados pelo sujeito.

A ínsula humana, localizada no interior do sulco lateral, faz conexão com o córtex olfatório primário, o núcleo basal e a amígdala. Está relacionada com as reações à dor e a aprendizagem tátil (Mesulam, 2000). Além disso, está envolvida na empatia e percepção de aspectos subjetivos das emoções, além de auxiliar nos processos de atenção, escolhas e intenções (Machado & Haertel, 2014; Uddin, Nomi, Hébert-Seropian, Ghaziri, & Boucher, 2017).

A amígdala é uma pequena estrutura no interior do lobo temporal e possui conexões com o hipotálamo, o hipocampo e outros componentes da região límbica. Possui um importante papel nas emoções e no comportamento, sendo reconhecida com uma região responsável pelo processamento da ansiedade, do medo e das memórias relacionadas a eventos provocadores de medo, motivação, adição, comportamentos agressivos e sexuais, mas também em funções como a percepção e a memória explícita (LeDoux, 2007). Lesões na amígdala podem causar hipoemocionalidade em humanos, ou seja, incapacidade de associar emoções a sensações (Mesulam, 2000). Além disso, podem atrapalhar o processo de aquisição de respostas condicionadas emocionais (reação emocional aprendida) a eventos anteriormente neutros para o sujeito, e isso pode interferir, por exemplo, no condicionamento do medo e na resposta que a amígdala proporciona a essa emoção (Lent, 2010).

Em um estudo realizado na Alemanha, os pesquisadores tinham dois objetivos: verificar se os volumes da amígdala sofrem alteração em adultos nascidos prematuros e se existia alguma associação entre essa alteração volumétrica da amígdala e a ansiedade. Para isso, eles utilizaram ressonância magnética a fim de medir o volume da amígdala de 101 adultos nascidos prematuros, com menos de 32 semanas de gestação e/ou com menos de 1,5 quilograma, e 108 pacientes do grupo de controle que nasceram a termo. Eles fizeram um estudo de coorte coletado longitudinalmente e prospectivamente durante 26 anos. Os resultados indicaram que, em adultos que nasceram prematuros, a amígdala era significativamente menor em comparação ao grupo de controle. Além disso, os indivíduos do grupo experimental demonstraram um maior traço de ansiedade social, já que tiveram escores padronizados (escore T) significativamente mais altos em personalidade evitativa quando comparados ao grupo de controle. Entretanto, os autores relatam que não houve associação significativa entre a ansiedade social e o volume alterado da amígdala. Apesar do achado importante sobre a ansiedade social, são necessários mais estudos para entender como os correlatos neurais e a ansiedade social se dão em sujeitos com nascimento prematuro (Schmitz-Koep et al., 2021).

## A inter-relação entre emoção e razão

A relação entre a emoção e a razão é uma questão antiga. Entretanto, a neurociência do século XX deu muito mais atenção aos processos cognitivos e à razão do que às emoções. Porém, ao contrário do pensamento popular de que as emoções possuem caráter perturbador nos processos racionais, a ausência da emoção na tomada de decisão pode ser ainda pior do que fortes emoções (Damasio, 2006).

O caso clássico, mencionado anteriormente, que ajudou a desvendar a relação entre a razão e a emoção foi um acidente envolvendo Phineas Gage, um operário de uma pequena cidade de Cavendish, em Vermont, na Nova Inglaterra, que teve o crânio transfixado por uma barra durante uma explosão acidental, evoluindo com infecção no cérebro e tendo permanecido semicomatoso por mais de duas semanas. Entretanto, para surpresa dos médicos, o paciente se recuperou “aparentemente” sem déficits neurológicos evidentes. Todavia, as coisas não voltaram totalmente à normalidade. A lesão no lobo frontal resultou em uma grande mudança de comportamento, e Gage passou, então, de um homem eficiente, líder e por vezes amigável a um sujeito irri-



tadiço, grosseiro e profano, com atitudes pouco respeitadas com seus chefes e amigos. Por isso, foi demitido do trabalho e rejeitado por diversos outros empregos. Passou o restante da vida viajando pelo país, apresentando-se em teatros onde mostrava suas cicatrizes e a barra de ferro que o atravessou (Maranhão-Filho, 2014). A inter-relação entre razão e emoção parece ser tão indissociável a ponto de autores defenderem que o sistema de raciocínio evoluiu como uma extensão do sistema emocional (Damasio, 2006)

Atualmente, entende-se que o córtex pré-frontal é o responsável por organizar e planejar ações do indivíduo, incluindo as emocionais. Assim, o córtex pré-frontal medial pode ser entendido como parte do sistema límbico, uma vez que ele auxilia nos processos cognitivos e emocionais e está associado ao controle visceral, ao sistema de recompensa e motivação e à tomada de decisão. Já a região do córtex frontal orbital está associada à identificação dos estímulos sensoriais ligados à gratificação e a aspectos emocionais e afetivos. Assim, ele auxilia na percepção de quando há uma modificação em uma situação e um determinado estímulo anteriormente sem importância para o sujeito passa a ser importante (condicionamento) ou ao contrário, quando um estímulo que gera recompensas ao sujeito deixa de fazê-lo (extinção), auxiliando na inibição de um comportamento socialmente indesejável (Cosenza, 2013).

## Neuroplasticidade em nível comportamental

Após a discussão sobre o funcionamento cerebral, faz-se, agora, uma breve discussão sobre a modificação desse funcionamento por meio de intervenções neuropsicológicas. O que antecede a aplicação de uma intervenção é uma avaliação neuropsicológica de qualidade do paciente que precisa de tratamento; no caso, de reabilitação. Para tanto, é necessária uma investigação das funções neuropsicológicas prejudicadas (por lesões cerebrais, doenças congênitas ou transtornos do neurodesenvolvimento etc.) e preservadas. Essa investigação deve conter informações desde o nascimento até os dias atuais da pessoa, passando por características do seu cotidiano e áreas de vida em que os prejuízos se expressam mais evidentemente. Pode ser necessário coletar informações com familiares mais próximos e professores (no caso de crianças). A funcionalidade do paciente e como melhorá-la deve ser o foco. Ademais, a aplicação de instrumentos neuropsicológicos durante a avaliação deve receber atenção tanto quanto os outros processos, pois também influenciará no direcionamento da intervenção. Selecionar instrumentos com propriedades

psicométricas adequadas, padronizados e normatizados auxilia na identificação correta de dificuldades e potencialidades dos indivíduos, além de contribuir para práticas adequadas no contexto da clínica neuropsicológica (Jardim de Paula et al., 2010).

Apesar de grande parte dos protocolos de intervenção cognitiva ser de lápis e papel, o uso de tecnologias nas neurociências tem aumentado, principalmente nos últimos 20 anos. Protocolos computadorizados e a construção de *games* que intervenham no funcionamento neuropsicológico têm sido cada vez mais frequentes na clínica, e o público-alvo é, na maioria das vezes, composto de crianças. Esse tipo de tecnologia visa, entre outras coisas, diminuir o erro humano nos processos de avaliação e registro do desempenho em tarefas (registro automático das respostas às tarefas e marcação mais precisa do tempo de resposta do indivíduo), e ser mais atrativo ao público-alvo do que protocolos de lápis e papel, já que podem ser mais dinâmicos e conter diferentes modalidades sensoriais (Golino, 2020). Tem sido muito comum, por exemplo, a aplicação de treinos cognitivos computadorizados que estimulam a atenção e as funções executivas para redução dos sintomas de crianças com transtorno de déficit de atenção/hiperatividade - TDAH (Cortese et al., 2015).

Uma das consequências do uso de tecnologias nas áreas das neurociências é a aplicação do *neurofeedback* (NF). Trata-se de um procedimento não invasivo que busca treinar, a partir da neuromodulação, as respostas cerebrais por meio de um aparato computacional (Freitas, 2020). O NF tem sido aplicado em diversos contextos, como nos transtornos do neurodesenvolvimento - TDAH, transtorno do espectro autista e transtornos de aprendizagem (Freitas, 2020). Podemos citar algumas vantagens desse tipo de intervenção: ausência de efeitos colaterais e menor duração do tratamento. As limitações do método estão relacionadas ao efeito de expectativa que é frequentemente gerado nos participantes. Ainda são necessários maiores avanços no sentido de controlar os efeitos placebos e maiores evidências de promoção do desempenho cognitivo dos participantes. Entretanto, a técnica possui um futuro promissor, e seu uso tem crescido nos últimos anos, pois vale-se de avanços tecnológicos que têm papel importante em intervenções voltadas às promoção do desempenho cognitivo e à diminuição de sintomas prejudiciais no dia a dia dos indivíduos (Moreno-García, Delgado-Pardo, Camacho-Vara de Rey, Meneres-Sancho, & Servera-Barceló, 2015). É importante ressaltar que o que determina se um protocolo de intervenção será uma reabilitação neuropsicológica é a aplicação de técnicas voltadas para as limitações, os transtornos ou

as dificuldades do paciente. Assim, um protocolo de treinamento cognitivo (aplicado a indivíduos de desenvolvimento típico) pode ser inserido em um contexto de reabilitação, desde que as potencialidades e dificuldades do paciente sejam levadas em consideração e os objetivos para a reabilitação sejam estabelecidos no sentido de melhorar a funcionalidade da pessoa em sua vida cotidiana.

Ademais, é importante lembrar que a neuropsicologia é uma área interdisciplinar e, como tal, considera aspectos importantes de diferentes áreas da neurociência e psicologia para alcançar bons resultados na prática clínica. As diferenças individuais em personalidade e motivação devem ser consideradas no momento de avaliação e planejamento da intervenção (Golino, 2020). Como dentro da reabilitação, os protocolos devem ser individualizados, com foco nas potencialidades e dificuldades dos pacientes. É interessante que o neuropsicólogo se valha de conhecimentos sobre mecanismos de funcionamento do participante para promover o engajamento durante todo o processo de intervenção, que pode ser longo. Além disso, o processo busca reabilitar o indivíduo para que seu funcionamento seja potencializado em todas as áreas de sua vida. Assim, para escolhas mais acertadas de estratégias interventivas, é necessário conhecer bem as características de funcionamento do paciente (Lewandowski & Lovett, 2008; Pontes & Hübner, 2008). Por exemplo, indivíduos com baixa motivação tendem a apresentar também um padrão de distraibilidade e se dedicar menos a tarefas que exigem esforços cognitivos (Golino, 2020). Nesses casos, o clínico pode se valer de estratégias mais motivadoras e que aumentem o engajamento do paciente na proposta de intervenção. A etapa de psicoeducação na intervenção é muito relevante, na medida em que pode aumentar o interesse e o engajamento do participante no processo.

O neuropsicólogo também deve assegurar que o participante tenha compreendido completamente as estratégias e metas propostas, tendo sempre em mente a transposição do conteúdo trabalhado dentro da clínica para a vida cotidiana (aplicação prática) (Rajeswaran, Bennett, & Shereena, 2012). Outro fator importante no processo interventivo é a percepção da pessoa sobre a própria melhora. Quando existe a percepção de que o paciente está estagnado no processo, sem conquistar avanços, ou ainda piorando, as chances de desengajamento no processo terapêutico aumentam (Wilson, 2003). *Feedbacks* sobre o desempenho do participante, preferencialmente, devem ser fornecidos para que haja sempre em mente os objetivos da reabilitação e a eficácia das estratégias em atingi-los (Sohlberg & Mateer, 2001). Entretanto,

a reabilitação é um processo ativo, no qual o paciente deve estar empenhado. Os *feedbacks* fornecidos pelo profissional não devem interferir na independência do indivíduo (Rajeswaran et al., 2012).

## Considerações finais

É do cerne do desenvolvimento da neuropsicologia moderna a correlação estrutura-função. Mas, desde o início, os estudos localizacionistas têm sido questionados por diversos autores. Como foi observado, já em 1874, por John Hughlings Jackson, “localizar o dano que destrói a fala e localizar a fala são duas coisas diferentes” (Lassen et al., 1978, p. 62). Apesar de conhecermos o papel de diversas áreas cerebrais, é hoje evidente que não é possível “localizar” em áreas específicas toda a complexidade do pensamento humano. Não há como localizar a inteligência, a consciência, a volição ou o próprio “eu”.

A busca pela compreensão das funções de cada região do cérebro foi apenas um primeiro passo na direção da compreensão das relações entre mente e corpo, e, sem dúvida, trouxe enormes contribuições. Entretanto, é também necessário ir além da mera localização para uma compreensão do funcionamento global do cérebro e do sistema nervoso como um todo. Quando se busca compreender a totalidade da experiência mental do ser humano, é necessário avaliar mais que suas partes isoladamente. A noção de que propriedades do todo são mais do que a soma das partes tem uma história antiga, remontando a Aristóteles, que acreditava que o ser humano era uma “substância secundária” que surge de um arranjo distinto dos elementos (O’Connor, 2020).

Atualmente, diversos neurocientistas têm cada vez mais aceitado a ideia de que várias propriedades da mente, tais como a linguagem, a memória e a consciência, devem ser abordadas segundo o paradigma das propriedades emergentes. Sob essa perspectiva, o cérebro é observado tendo sua atuação dependente de uma integração completa entre suas diversas áreas. Entretanto, estamos ainda apenas começando.

## Questões comentadas

1. A neuropsicologia é uma ciência que se dedica ao estudo de que tipo de relação?
  - a) Entre o cérebro e as emoções.
  - b) Entre o cérebro e o comportamento.

- c) Entre o cérebro e a cognição.  
d) Todas as opções anteriores.

**Resposta: d.**

A neuropsicologia é o estudo da relação entre o cérebro e o comportamento humano, que engloba as emoções, o comportamento, seja ele operante ou respondente, e a cognição. É uma área relativamente nova para a psicologia e a medicina.

2. O desenvolvimento da neuropsicologia é repleto de estudos clássicos. Dentre esses estudos, diversos tipos de correlação foram investigados com o intuito de compreender a atividade do cérebro. Correlacione corretamente a coluna que indica os estudos clássicos com a sua respectiva contribuição e escolha a sequência que preenche corretamente as lacunas:

A) Lesão no lobo frontal de Phineas Gage	( ) Proporcionou entender o papel dessa região para o processamento da visão.
B) Lesão no lobo temporal do paciente "HM"	( ) Ajudou a entender a importância dessa área na linguagem e na fala.
C) Ablação do lobo occipital em cães	( ) Proporcionou entender a importância dessa região no processamento da memória.
D) Lesão nas áreas de Broca no paciente Leborgne	( ) Proporcionou entender como essa região interfere no comportamento.

- a) CDBA.  
b) ABDC.  
c) CBAD.  
d) DCAB.

**Resposta: a.**

A resposta correta se dá com base na compreensão do papel principal de cada um desses estudos e na sua importância para compreensão das estruturas envolvidas. A lesão de Phineas Gage refletiu em grande alteração comportamental: de um homem amigável e respeitoso para um sujeito profano e irritadiço. O caso do paciente HM submetido à ressecção bilateral da parte medial do lobo temporal revela a associação da região do hipocampo com a memória. O estudo da ablação do lobo occipital de cães revela a importância

dessa região para o processamento visual. E o caso do paciente Leborgne revela a importância de algumas áreas dedicadas à fala e a consequência de lesões nessas áreas na comunicação.

3. O que são “períodos críticos” ou “janelas temporais”?

a) Um período em que alguns circuitos do cérebro adquirem mais facilmente informações para se desenvolver.

b) Um período em que a criança deve ser protegida pelos seus cuidadores de estímulos externos para não prejudicar seu desenvolvimento.

c) Uma fase do desenvolvimento específica, que ocorre por volta dos 4 anos, em que a criança acumula diversos conhecimentos que serão utilizados ao longo da vida.

d) Um período que ocorre apenas na infância, usualmente até os 7 anos de idade.

**Resposta: a.**

Períodos críticos ou janelas temporais dizem respeito a fases da vida em que as experiências têm um efeito particularmente importante sobre o cérebro, ou seja, sua intensidade é maior e acarreta mudanças duradouras nas funções cerebrais. Apesar de serem intensas nos primeiros anos de vida, essas janelas temporais ocorrem durante todo o ciclo de vida do ser humano. Assim, identificar tais janelas é de extrema importância, uma vez que a falta de estímulos ou experiências atípicas durante esse momento podem acarretar consequências irremediáveis mais tarde na vida do sujeito.

4. Sobre o processamento da informação no cérebro, podemos afirmar o seguinte:

a) A recepção da informação é sempre proveniente de vias motoras.

b) Pode ser dividido em quatro etapas: 1. recepção, 2. armazenamento e evocação, 3. organização e 4. expressão.

c) É sempre unimodal e serial.

d) Tem sempre como primeira etapa a organização da informação.

**Resposta: b.**

O processamento serial da informação pode ser dividido em 1. recepção das informações; 2. armazenamento delas, bem como evocação; 3. organização mental e reorganização da informação; 4. e expressividade. A recepção

leva em conta principalmente as vias sensitivas. O processamento no cérebro é tanto serial como paralelo e, em muitas fases, multimodal.

5. A neuroplasticidade é um fenômeno que pode ser analisado em vários níveis. Em nível comportamental, assinale um exemplo de intervenção neuropsicológica:

- a) Reabilitação neuropsicológica.
- b) Treino cognitivo.
- c) Estimulação mental.
- d) Todas as opções anteriores.

**Resposta:** d.

Uma vez que a neuroplasticidade é a capacidade do sistema nervoso para modificar sua estrutura e/ou função em resposta a contextos específicos, podemos considerar que intervenções cognitivas que têm potencial de modificação da estrutura ou função do cérebro são intervenções neuropsicológicas.

6. Em relação ao sistema límbico, também denominado estruturas límbicas, é correto afirmar o seguinte:

- a) Relaciona-se exclusivamente com o processamento da emoção, voltado à manifestação de raiva e medo.
- b) Está localizado no córtex pré-frontal.
- c) É responsável por regular o processamento de emoções, auxiliando o sujeito na adaptação dos seus comportamentos em relação ao ambiente.
- d) É uma região específica do cérebro, bem delimitada e que atua de maneira independente na regulação das emoções.

**Resposta:** c.

A estrutura límbica envolve diversas regiões responsáveis principalmente pela regulação das emoções e conseqüentemente pela adaptação dos comportamentos relacionados ao contexto no qual o sistema límbico está situado. Ou seja, as estruturas englobadas nesse sistema (o hipocampo, a região septal, o giro do cíngulo, o giro para-hipocampal, parte da ínsula e da amígdala, o polo temporal e, ainda, as porções medial e orbital da área pré-frontal) são responsáveis pelo processamento das emoções, mas atuam em outras funções para além disso, como atenção, memória e aprendizagem, ressaltando o caráter integrativo do cérebro e de suas estruturas.

7. Quanto às áreas de associação do sistema nervoso central, pode-se afirmar o seguinte:

- a) Os giros pré e pós-central são regiões supramodais.
- b) O córtex sensitivo pode ser considerado uma área unimodal.
- c) O sistema límbico só processa informação unimodal.
- d) O lobo occipital é a principal área de associação da linguagem.

**Resposta: b.**

O córtex sensitivo é uma estrutura dedicada a receber as vias ascendentes de todo o corpo. Por lidar somente com um tipo de informação (sensitiva) e ser considerada zona de projeção no córtex dessas informações, essa região é considerada unimodal.

8. Dentro da reabilitação neuropsicológica, podemos considerar como corretas todas as opções indicadas a seguir, EXCETO:

- a) As questões e os temas trabalhados no contexto da clínica se limitam a esse ambiente.
- b) A motivação do participante interfere no processo interventivo.
- c) Várias áreas da vida do paciente devem ser consideradas, como escola, família e relações com os pares (no caso de crianças), no planejamento da intervenção.
- d) Os *feedbacks*, quando fornecidos demasiadamente, podem desmotivar ainda mais o participante.

**Resposta: a.**

Como o principal objetivo da reabilitação neuropsicológica é reabilitar o participante considerando suas dificuldades, potencialidades e funcionalidade, é importante que a intervenção integre todas as áreas da vida dele. Além disso, a motivação e os *feedbacks* são ferramentas importantes para o engajamento do participante no processo interventivo. Entretanto, se muitos *feedbacks* forem fornecidos, o nível de dificuldade poderá ser diminuído consideravelmente e, como consequência, desmotivar o participante.

## Referências

Altman, J. (1962). Are new neurons formed in the brains of adult mammals? *Science*, 135(3509), 1127-1128. doi: 10.1126/science.135.3509.1127.



- Attwell, D., & Laughlin, S. B. (2001). An energy budget for signaling in the grey matter of the brain. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism*, 21(10), 1133-1145. doi: 10.1097/00004647-200110000-00001
- Bear, M. F., Connors, B. W., & Paradiso, M. A. (2020). *Neurociências: Desvendando o sistema nervoso* (2a ed.). Porto Alegre: Artmed.
- Bell, A. H., & Bultitude, J. H. (2018). Methods matter: A primer on permanent and reversible interference techniques in animals for investigators of human neuropsychology. *Neuropsychologia*, 115, 211-219. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2017.09.019
- Berlucchi, G., & Buchtel, H. A. (2009). Neuronal plasticity: Historical roots and evolution of meaning. *Experimental Brain Research*, 192(3), 307-319. doi: 10.1007/s00221-008-1611-6
- Bliss, T. V., & Lomo, T. (1973). Long-lasting potentiation of synaptic transmission in the dentate area of the anaesthetized rabbit following stimulation of the perforant path. *Journal of Physiology*, 232(2), 331-356. doi: 10.1113/jphysiol.1973.sp010273
- Boldrini, M., Fulmore, C. A., Tartt, A. N., Simeon, L. R., Pavlova, I., Poposka, V., Rosoklija, G. B., Stankov, A., Arango, V., Dwork, A. J., Hen, R., & Mann, J. J. (2018). Human hippocampal neurogenesis persists throughout aging. *Cell Stem Cell*, 22(4), 589-599.e585. doi: 10.1016/j.stem.2018.03.015
- Broca, P. (1861). Perte de la parole, ramollissement chronique et destruction partielle du lobe antérieur gauche du cerveau. *Bulletin de la Société Anthropologique*, 2(1), 235-238.
- Broca, P. (1865). Sur le siège de la faculté du langage articulé. *Bulletins de la Société Anthropologique de Paris*, 6, 377-393.
- Brown, R. E. (2006). The life and work of Donald Olding Hebb. *Acta Neurol Taiwan*, 15(2), 127-142.
- Brown, R. E. (2020). Donald O. Hebb and the organization of behavior: 17 years in the writing. *Molecular Brain*, 13(1), 55. doi: 10.1186/s13041-020-00567-8
- Cajal, S. R. y. (1913). *Degeneration and regeneration of the nervous system*. Oxford: Oxford University Press.
- Catani, M., & Ffytche, D. H. (2005). The rises and falls of disconnection syndromes. *Brain*, 128(Pt 10), 2224-2239. doi: 10.1093/brain/awh622
- Catani, M., Sandrone, S., & Vesalius, A. (2015). *Brain renaissance from Vesalius to modern neuroscience*. Oxford: Oxford University Press.
- Chen, C.-H., Panizzon, M. S., Eyler, L. T., Jernigan, T. L., Thompson, W., Fennema-Notestine, C., Jak, A. J., Neale, M. C., Franz, C. E., Hamza, S., Lyons, M. J., Grant, M. D., Fischl, B., Seidman, L. J., Tsuang, M. T., Kremen, W. S., & Dale, A. M. (2011). Genetic influences on cortical regionalization in the human brain. *Neuron*, 72(4), 537-544. doi: 10.1016/j.neuron.2011.08.021
- Chugani, H. T., Behen, M. E., Muzik, O., Juhász, C., Nagy, F., & Chugani, D. C. (2001). Local brain functional activity following early deprivation: A study of postinstitutionalized Romanian orphans. *Neuroimage*, 14(6), 1290-1301. doi: 10.1006/nimg.2001.0917
- Cortese, S., Ferrin, M., Brandeis, D., Buitelaar, J., Daley, D., Dittmann, R. W., Holtmann, M., Santosh, P., Stevenson, J., Stringaris, A., Zuddas, A., & Sonuga-Barke, E. J. S. (2015).

- Cognitive training for attention-deficit/hyperactivity disorder: Meta-analysis of clinical and neuropsychological outcomes from randomized controlled trials. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 54(3), 164-174. doi: 10.1016/j.jaac.2014.12.010
- Cosenza, R. M. (2013). *Fundamentos de neuroanatomia* (4a ed.). São Paulo: Grupo Gen, Guanabara Koogan.
- Creutzfeldt, O. D. (1995). *Cortex cerebri: Performance, structural and functional organization of the cortex*. Oxford: Oxford University Press.
- Crivellato, E., & Ribatti, D. (2007). Soul, mind, brain: Greek philosophy and the birth of neuroscience. *Brain Research Bulletin*, 71(4), 327-336. doi: 10.1016/j.brainresbull.2006.09.020
- Damasio, A. R. (2006). *Descartes' error: Emotion, reason and the human brain*. New York: Vintage.
- DeFelipe, J. (2006). Brain plasticity and mental processes: Cajal again. *Nature Reviews Neuroscience*, 7(10), 811-817. doi: 10.1038/nrn2005
- Demidoff, A. O., Pacheco, F. G., & Sholl-Franc, A. (2007). Membro-fantasma: O que os olhos não vêem, o cérebro sente. *Ciências & Cognição*, 12, 234-239. Recuperado de <http://www.cienciasecognicao.org>
- Demuth, J. P., De Bie, T., Stajich, J. E., Cristianini, N., & Hahn, M. W. (2006). The evolution of mammalian gene families. *PLoS ONE*, 1(1), e85-e85. doi: 10.1371/journal.pone.0000085
- Eluvathingal, T. J., Chugani, H. T., Behen, M. E., Juhász, C., Muzik, O., Maqbool, M., Chugani, D. C., & Makki, M. (2006). Abnormal brain connectivity in children after early severe socioemotional deprivation: A diffusion tensor imaging study. *Pediatrics*, 117(6), 2093-2100. doi: 10.1542/peds.2005-1727
- Engelhardt, E. (2018). Cerebral localization of the mind and higher functions: The beginnings. *Dementia & Neuropsychologia*, 12(3), 321-325. doi: 10.1590/1980-57642018dn12-030014
- Fares, J., Bou Diab, Z., Nabha, S., & Fares, Y. (2019). Neurogenesis in the adult hippocampus: History, regulation, and prospective roles. *International of Journal Neuroscience*, 129(6), 598-611. doi: 10.1080/00207454.2018.1545771
- Finger, S. (2004). Paul Broca (1824-1880). *Journal of Neurology*, 251(6), 769-770. doi: 10.1007/s00415-004-0456-6
- Freitas, P. M. (2020). *Neurofeedback: Contribuições da tecnologia para o tratamento neuropsicológico*. In M. Mansur-Alves & J. B. Lopes-Silva (Orgs.), *Intervenção cognitiva: Dos conceitos e métodos às práticas baseadas em evidências para diferentes aplicações* (pp. 253-283). Belo Horizonte: T.ser.
- Geschwind, N. (1974). Carl Wernicke, the Breslau School and the history of aphasia. In N. Geschwind, *Selected papers on language and the brain* (pp. 42-61). Cham: Springer.
- Gilbertson, M. W., Shenton, M. E., Ciszewski, A., Kasai, K., Lasko, N. B., Orr, S. P., & Pitman, R. K. (2002). Smaller hippocampal volume predicts pathologic vulnerability to psychological trauma. *Nature Neuroscience*, 5(11), 1242-1247. doi: 10.1038/nn958
- Golino, M. T. S. (2020). Diferenças individuais e aspectos motivacionais no treino cognitivo. In M. Mansur-Alves & J. B. Lopes-Silva (Orgs.), *Intervenção cognitiva: Dos conceitos e métodos*

- às práticas baseadas em evidências para diferentes aplicações (pp. 593-631). Belo Horizonte: T.ser.
- Greenblatt, S. H. (1995). Phrenology in the science and culture of the 19th century. *Neurosurgery*, 37(4), 790-805. doi: 10.1227/00006123-199510000-00025
- Harlow, J. M. (1848). Passage of an iron rod through the head. *The Boston Medical and Surgical Journal*, 39(20), 389-393. doi: 10.1056/NEJM184812130392001
- Hebb, D. O. (1949). *The organization of behavior: A neuropsychological theory*. Hoboken, NJ: Wiley.
- Hensch, T. K. (2004). Critical period regulation. *Annual Review of Neuroscience*, 27, 549-579. doi: 10.1146/annurev.neuro.27.070203.144327
- Herculano-Houzel, S. (2009). The human brain in numbers: A linearly scaled-up primate brain. *Frontiers in Human Neuroscience*, 3(31). doi: 10.3389/neuro.09.031.2009
- Hillis, A. E. (2007). Aphasia: Progress in the last quarter of a century. *Neurology*, 69(2), 200-213. doi: 10.1212/01.wnl.0000265600.69385.6f
- Hofman, M. A. (2014). Evolution of the human brain: When bigger is better. *Frontiers in Neuroanatomy*, 8(15). doi: 10.3389/fnana.2014.00015
- Hofman, M. A. (2015). Evolution of the human brain: From matter to mind. In S. Goldstein, D. Princiotta, & J. A. Naglieri (Eds.), *Handbook of intelligence. Evolutionary theory, historical perspective, and current concepts* (pp. 65-82). Berlin: Springer Verlag.
- Hublin, J. J., Ben-Ncer, A., Bailey, S. E., Freidline, S. E., Neubauer, S., Skinner, M. M., Bergmann, I., Le Cabec, A., Benazzi, S., Harvati, K., & Gunz, P. (2017). New fossils from Jebel Irhoud, Morocco and the Pan-African origin of Homo sapiens. *Nature*, 546(7657), 289-292. doi: 10.1038/nature22336
- James, W. (1890). *The principles of psychology*. Macmillan.
- Jardim de Paula, J., Schlottfeldt, C. G., Moreira, L., Cotta, M., Bicalho, M. A., Romano-Silva, M. A., Corrêa, H., Moraes, E. N., & Malloy-Diniz, L. F. (2010). Propriedades psicométricas de um protocolo neuropsicológico breve para uso em populações geriátricas. *Revista Psiquiatria Clínica*, 37(6), 246-250. Recuperado de <https://www.scielo.br/pdf/rpc/v37n6/a02v37n6.pdf>
- Kandel, E. R., Schwartz, J. H., Jessell, T. M., Siegelbaum, S. A., & Hudspeth, A. J. (2014). *Princípios de neurociência* (5a ed.). Porto Alegre: AMGH.
- Kessler, R. C., Sonnega, A., Bromet, E., Hughes, M., & Nelson, C. B. (1995). Posttraumatic stress disorder in the National Comorbidity Survey. *Archives of General Psychiatry*, 52(12), 1048-1060. doi: 10.1001/archpsyc.1995.03950240066012
- Knudsen, E. I. (2004). Sensitive periods in the development of the brain and behavior. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16(8), 1412-1425. doi: 10.1162/0898929042304796
- Kolb, B., & Whishaw, I. Q. (2015). *Fundamentals of human neuropsychology* (7th ed.). Rachel Losh.
- Kumsta, R., Kreppner, J., Kennedy, M., Knights, N., Rutter, M., & Sonuga-Barke, E. (2015). Psychological consequences of early global deprivation: An overview of findings from the English & Romanian adoptees study. *European Psychologist*, 20(2), 138-151. doi: 10.1027/1016-9040/a000227

- Lassen, N. A., Ingvar, D. H., & Skinhøj, E. (1978). Brain function and blood flow. *Scientific American*, 239(4), 62-71. doi: 10.1038/scientificamerican1078-62
- LeDoux, J. (2007). The amygdala. *Current Biology*, 17(20), R868-874. doi: 10.1016/j.cub.2007.08.005
- Le Grand, R., Mondloch, C. J., Maurer, D., & Brent, H. P. (2001). Neuroperception. Early visual experience and face processing. *Nature*, 410(6831), 890. doi: 10.1038/35073749
- Lennie, P. (2003). The cost of cortical computation. *Current Biology*, 13(6), 493-497. doi: 10.1016/S0960-9822(03)00135-0
- Lent, R. (2010). *Cem bilhões de neurônios: Conceitos fundamentais de neurociência*. São Paulo: Atheneu.
- Lewandowski, L. J., & Lovett, B. J. (2008). Introduction to neuropathology and brain-behavior relationships. In R. C. D'Amato & H. C. Lawrence (Eds.), (2nd ed., pp. 31-57). New York: Springer.
- Lewis, C. L. E. (2001). *The age of the earth: From 4004 BC to AD 2002*. Geological Society.
- Lewis, T. L., & Maurer, D. (2005). Multiple sensitive periods in human visual development: Evidence from visually deprived children. *Developmental Psychobiology*, 46(3), 163-183. doi: 10.1002/dev.20055
- Lezak, M. D., Howieson, D. B., Bigler, E. D., & Tranel, D. (2012). *Neuropsychological assessment* (5th ed.). Oxford: Oxford University Press.
- Lynch, M. A. (2004). Long-term potentiation and memory. *Physiological Reviews*, 84(1), 87-136. doi: 10.1152/physrev.00014.2003
- Machado, A., & Haertel, L. M. (2014). *Neuroanatomia funcional* (3a ed.). São Paulo: Atheneu.
- MacLean, P. D. (1952). Some psychiatric implications of physiological studies on frontotemporal portion of limbic system (visceral brain). *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 4(4), 407-418. doi: 10.1016/0013-4694(52)90073-4
- Magistretti, P. J., & Allaman, I. (2015). A cellular perspective on brain energy metabolism and functional imaging. *Neuron*, 86(4), 883-901. doi: 10.1016/j.neuron.2015.03.035
- Maguire, E. A., Gadian, D. G., Johnsrude, I. S., Good, C. D., Ashburner, J., Frackowiak, R. S. J., & Frith, C. D. (2000). Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(8), 4398-4403. doi: 10.1073/pnas.070039597
- Mansur-Alves, M. (2014). *Estimulação cognitiva em crianças: Perspectiva histórica e atual*. Novas Edições Acadêmicas.
- Maranhão-Filho, P. (2014). Mr. Phineas Gage e o acidente que deu novo rumo à neurologia. *Revista Brasileira de Neurologia*.
- McHenry, H. M. (1994). Tempo and mode in human evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 91(15), 6780-6786. doi: 10.1073/pnas.91.15.6780
- Mesulam, M. M. (2000). *Principles of behavioral and cognitive neurology*. Oxford: Oxford University Press.
- Ming, G. L., & Song, H. (2005). Adult neurogenesis in the mammalian central nervous system. *Annual Review of Neuroscience*, 28, 223-250. doi: 10.1146/annurev.neuro.28.051804.101459

- Mink, J. W., Blumenschine, R. J., & Adams, D. B. (1981). Ratio of central nervous system to body metabolism in vertebrates: Its constancy and functional basis. *American Journal of Physiology*, 241(3), R203-212. doi: 10.1152/ajpregu.1981.241.3.R203
- Moreno-García, I., Delgado-Pardo, G., Camacho-Vara de Rey, C., Meneres-Sancho, S., & Servera-Barceló, M. (2015). Neurofeedback, pharmacological treatment and behavioral therapy in hyperactivity: Multilevel analysis of treatment effects on electroencephalography. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, 15(3), 217-225. doi: 10.1016/j.ijchp.2015.04.003
- Morison, S. J., Ames, E. W., & Chisholm, K. (1995). The development of children adopted from Romanian orphanages. *Merrill-Palmer Quarterly*, 41(4), 411-430. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/23087934>
- National Scientific Council on the Developing Child (2008). *The timing and quality of early experiences combine to shape brain architecture*. Cambridge: Harvard University, Center on the Developing Child.
- Nelson, C. A., Fox, N. A., & Zeanah, C. H. (2014). *Romania's abandoned children: Deprivation, brain development, and the struggle for recovery*. Cambridge: Harvard University Press.
- Niven, J. E. (2016). Neuronal energy consumption: Biophysics, efficiency and evolution. *Current Opinion in Neurobiology*, 41, 129-135. doi: 10.1016/j.conb.2016.09.004
- O'Connor, T. (2020). Emergent properties. In E. N. Zalta (Ed.), *The Stanford encyclopedia of philosophy*. Metaphysics Research Lab, Stanford University. Retrieved from <https://plato.stanford.edu/archives/fall2020/entries/properties-emergent/>
- Ocklenburg, S., Hirnstein, M., Beste, C., & Güntürkün, O. (2014). Lateralization and cognitive systems. *Frontiers in Psychology*, 5(1143). doi: 10.3389/fpsyg.2014.01143
- Oleksowicz, M. (2018). Aristotle on the heart and brain. *European Journal of Science and Theology*, 14(3), 77-94.
- Oliva, A. D., Dias, G. P., & Reis, R. A. M. (2009). Plasticidade sináptica: Natureza e cultura moldando o self. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 22(1), 128-135. doi: 10.1590/s0102-79722009000100017
- Patterson, C. (1956). Age of meteorites and the earth. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 10(4), 230-237. doi: 10.1016/0016-7037(56)90036-9
- Penfield, W., & Boldrey, E. (1937). Somatic motor and sensory representation in the cerebral cortex of man as studied by electrical stimulation. *Brain*, 60(4), 389-443.
- Polleux, F., & Snider, W. (2010). Initiating and growing an axon. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 2(4), a001925-a001925. doi: 10.1101/cshperspect.a001925
- Pontes, L. M. M., & Hübner, M. M. C. (2008). A reabilitação neuropsicológica sob a ótica da psicologia comportamental. *Revista de Psiquiatria Clínica*, 35(1), 6-12.
- Preuss, T. M. (2007). Primate brain evolution in phylogenetic context. In J. Kaas (Ed.), *Evolution of nervous systems* (Vol. 4, pp. 2007). Cambridge: Academic Press.
- Preuss, T. M. (2011). The human brain: Rewired and running hot. *Annals of the New York Academy of Science*, 1225 (Suppl. 1), E182-191. doi: 10.1111/j.1749-6632.2011.06001.x
- Rabinovici, G. D., Stephens, M. L., & Possin, K. L. (2015). Executive dysfunction. *Continuum*, 21(3), 646-659. doi: 10.1212/01.Con.0000466658.05156.54

- Rajeswaran, J., Bennett, C. N., & Shereena, E. A. (2012). Neuropsychological rehabilitation: Need and scope. In J. Rajeswaran (Ed.), (pp. 1-11). Elsevier.
- Ramachandran, V. S. B. S. (2002). *Fantasma no cérebro: Uma investigação dos mistérios da mente humana*. Rio de Janeiro: Record.
- Reynolds, B. A., & Weiss, S. (1992). Generation of neurons and astrocytes from isolated cells of the adult mammalian central nervous system. *Science*, 255(5052), 1707-1710. doi: 10.1126/science.1553558
- Rogers, J., Kochunov, P., Zilles, K., Shelledy, W., Lancaster, J., Thompson, P., Duggirala, R., Blangero, J., Fox, P. T., & Glahn, D. C. (2010). On the genetic architecture of cortical folding and brain volume in primates. *Neuroimage*, 53(3), 1103-1108. doi: 10.1016/j.neuroimage.2010.02.020
- Rose, F. C. (2009). Cerebral localization in antiquity. *Journal of the History of the Neurosciences*, 18(3), 239-247. doi: 10.1080/09647040802025052
- Roxo, M. R., Franceschini, P. R., Zubaran, C., Kleber, F. D., & Sander, J. W. (2011). The limbic system conception and its historical evolution. *Scientific World Journal*, 11, 2428-2441. doi: 10.1100/2011/157150
- Sapolsky, R. M., Uno, H., Rebert, C. S., & Finch, C. E. (1990). Hippocampal damage associated with prolonged glucocorticoid exposure in primates. *Journal of Neuroscience*, 10(9), 2897-2902. doi: 10.1523/jneurosci.10-09-02897.1990
- Schmitz-Koep, B., Zimmermann, J., Menegaux, A., Nuttall, R., Bäuml, J. G., Schneider, S. C., Daamen, M., Boecker, H., Zimmer, C., Wolke, D., Bartmann, P., Hedderich, D. M., & Sorg, C. (2021). Decreased amygdala volume in adults after premature birth. *Scientific Reports*, 11(1), 5403. doi: 10.1038/s41598-021-84906-2
- Scoville, W. B., & Milner, B. (1957). Loss of recent memory after bilateral hippocampal lesions. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 20(1), 11.
- Sharma, A., Dorman, M. F., & Spahr, A. J. (2002). A sensitive period for the development of the central auditory system in children with cochlear implants: Implications for age of implantation. *Ear and Hearing*, 23(6), 532-539. doi: 10.1097/00003446-200212000-00004
- Smaers, J. B., & Vanier, D. R. (2019). Brain size expansion in primates and humans is explained by a selective modular expansion of the cortico-cerebellar system. *Cortex*, 118, 292-305.
- Sohlberg, M. M., & Mateer, C. A. (2001). *Cognitive rehabilitation: An integrative neuropsychological approach*. New York: Guilford Press. Retrieved from <http://0-site.ebrary.com.catalog.uoc.edu/lib/bibliouocsp/Doc?id=10210649>
- Souza, B. R., & Codo, B. C. (2020). Plasticidade cerebral e mudanças na atividade e estrutura cerebral pós-treino cognitivo. In M. Mansur-Alves & J. B. Lopes-Silva (Orgs.), *Intervenção cognitiva: Dos conceitos e métodos às práticas baseadas em evidências para diferentes aplicações* (pp. 639-639). Belo Horizonte: T.ser.
- Squire, L. R. (2009). The legacy of patient HM for neuroscience. *Neuron*, 61(1), 6-9.
- Squire, L. R., & Zola-Morgan, J. (1991). The cognitive neuroscience of human memory since H. M. *Annual Review of Neuroscience*, 14, 259-288. doi: 10.1146/annurev-neuro-061010-113720

- Stoeckli, E. T. (2018). Understanding axon guidance: Are we nearly there yet? *Development*, 145(10), dev151415. doi: 10.1242/dev.151415
- Stone, J. L., & Hughes, J. R. (2013). Early history of electroencephalography and establishment of the American Clinical Neurophysiology Society. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 30(1), 28-44. doi: 10.1097/WNP.0b013e31827edb2d
- Szeszko, P. R., Lehrner, A., & Yehuda, R. (2018). Glucocorticoids and hippocampal structure and function in PTSD. *Harvard Review of Psychiatry*, 26(3), 142-157. doi: 10.1097/hrp.0000000000000188
- Tau, G. Z., & Peterson, B. S. (2010). Normal development of brain circuits. *Neuropsychopharmacology*, 35(1), 147-168. doi: 10.1038/npp.2009.115
- Uddin, L. Q., Nomi, J. S., Hébert-Seropian, B., Ghaziri, J., & Boucher, O. (2017). Structure and function of the human insula. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 34(4), 300-306. doi: 10.1097/wnp.0000000000000377
- Vogt, B. A. (2005). Pain and emotion interactions in subregions of the cingulate gyrus. *Nature Reviews Neuroscience*, 6(7), 533-544. doi: 10.1038/nrn1704
- Wernicke, C. (1874). *Der aphasische Symptomenkomplex*. Cohn & Weigart.
- Wiesel, T. N., & Hubel, D. H. (1963). Single-cell responses in striate cortex of kittens deprived of vision in one eye. *Journal of Neurophysiology*, 26, 1003-1017. doi: 10.1152/jn.1963.26.6.1003
- Wiesel, T. N., & Hubel, D. H. (1965). Comparison of the effects of unilateral and bilateral eye closure on cortical unit responses in kittens. *Journal of Neurophysiology*, 28(6), 1029-1040. doi: 10.1152/jn.1965.28.6.1029
- Will, B., Dalrymple-Alford, J., Wolff, M., & Cassel, J.-C. (2008). The concept of brain plasticity - Paillard's systemic analysis and emphasis on structure and function (followed by the translation of a seminal paper by Paillard on plasticity). *Behavioural Brain Research*, 192(1), 2-7.
- Willis, S. L., & Schaie, K. W. (2009). Cognitive training and plasticity: Theoretical perspective and methodological consequences. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 27(5), 375-389. doi: 10.3233/RNN-2009-0527
- Wilson, B. A. (2003). The theory and practice of neuropsychological rehabilitation: An overview. In B. A. Wilson (Ed.), (pp. 1-11). Swets & Zeitlinger B.V.
- Woollett, K., Spiers, H. J., & Maguire, E. A. (2009). Talent in the taxi: A model system for exploring expertise. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1522), 1407-1416. doi:10.1098/rstb.2008.0288
- Yildiz, A., & Beste, C. (2015). Parallel and serial processing in dual-tasking differentially involves mechanisms in the striatum and the lateral prefrontal cortex. *Brain Structure and Function*, 220(6), 3131-3142. doi: 10.1007/s00429-014-0847-0
- Zeki, S. (2015). A massively asynchronous, parallel brain. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 370(1668). doi: 10.1098/rstb.2014.0174
- Zingg, R. M. (1940). Feral man and extreme cases of isolation. *The American Journal of Psychology*, 53(4), 487-517. doi: 10.2307/1417630