

EDUCAÇÃO INCLUSIVA

# AEE

1ª Edição

**Neurologia e Aprendizagem**

Lílian Rocha Gomes Tavares



**PROEN**  
Pró-Reitoria  
de Ensino

PUBLICAÇÕES PROEN - 2024



CURSOS  
IFSul Inclusive

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA SUL-RIO-GRANDENSE  
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO INCLUSIVA  
CURSOS IFSUL INCLUSIVO

**Reitor**

Flavio Barbosa Nunes

**Vice Reitora**

Veridiana Krolow Bosenbecker

**Pró-Reitor de Ensino**

Rodrigo Nascimento da Silva

**Diretoria de Políticas de Ensino e Inclusão**

Leonardo Betemps Kontz

**Chefe do Departamento de Educação Inclusiva**

Rosane Bom

**Coordenadora do Curso A Educação Inclusiva e o Atendimento Educacional Especializado**

Roberta Gonçalves Crizel

**Administrativo**

Fátima Eslabão Insaurriaga Duarte

**Departamento de Educação a Distância e Novas Tecnologias**

Jander Luis Fernandes Monks

**Coordenadoria de Produção de Tecnologias Educacionais**

Roselia Souza de Oliveira

## CONTEÚDO E APRESENTAÇÃO

### **Organizadores**

Rodrigo Nascimento da Silva  
Leonardo Betemps Kontz  
Rosane Bom  
Jander Luis Fernandes Monks  
Rosélia Souza de Oliveira

### **Professora Autora**

Lílian Rocha Gomes Tavares

### **Design Instrucional**

Fabiane Belletti da Silva  
Verônica Porto Gayer

### **Design Gráfico e Digital - Hiperlinks**

Marcus Neves

### **Revisão Pedagógica**

Roberta Crizel  
Rosane Bom

### **Revisão Linguística**

Fabiane Belletti da Silva

### **Design Educacional da Coordenadoria de Produção de Tecnologias Educacionais**

Andressa Silveira

### **DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)**

T231e Tavares, Lílian Rocha Gomes

Educação Inclusiva AEE [recurso eletrônico] Neurologia e  
Aprendizagem / Lílian Rocha Gomes Tavares — Pelotas,  
RS: IFSUL, 2024.

27 p. : il.; color.

Modo de acesso: <https://www.ifsul.edu.br/publicacoes-pm-2/>

ISBN: 978-65-01-29913-6

1. Educação. 2. Curso. 3. Anatomia. 4. SNC. 5. SNP. I. Título.

CDU: 376

Bibliotecária Responsável: Maria Cristina de S. Santos CRB 10/1811

Produzido pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IFSul).  
Este trabalho está licenciado sob uma Licença Atribuição-NãoComercial-Compartilhalgal 4.0 Internacional.  
Para ver uma cópia desta licença, visite <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/legalcode.pt>.



## Sumário

<b>Apresentação</b>	<b>5</b>
<b>1. Introdução</b>	<b>6</b>
<b>2. Anatomia e funcionamento do Sistema Nervoso Central (SNC)</b>	<b>7</b>
<b>3. Neurônios, nossa galáxia interna</b>	<b>9</b>
<b>4. Neurotransmissores: mensageiros do cérebro</b>	<b>12</b>
<b>4.1. Neurotransmissores importantes e suas funções</b>	<b>13</b>
<b>5. Hemisférios</b>	<b>15</b>
<b>6. Lobos do córtex cerebral</b>	<b>17</b>
6.1. Subcortex: no centro da matéria cerebral	20
<b>7. Anatomia da Aprendizagem</b>	<b>23</b>
7.1. Unidades funcionais de Luria	25
7.2. Os lobos cerebrais e a aprendizagem	26
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>27</b>

## Apresentação

A educação inclusiva é um tema essencial no contexto educacional contemporâneo, promovendo um ambiente onde estudantes, independentemente de suas necessidades específicas, possam aprender e desenvolver seu potencial. Os dez e-books que compõem o Curso A Educação Inclusiva e o Atendimento Educacional Especializado, abordam diversas facetas da educação inclusiva e do atendimento educacional especializado, oferecendo valiosas reflexões, práticas e metodologias.

Esses e-books são recursos indispensáveis para educadores, gestores e todos os profissionais envolvidos na educação, proporcionando reflexões valiosas e práticas que favorecem a inclusão e a equidade no ambiente escolar. Ao explorar essas obras, você encontrará inspiração e ferramentas para transformar sua abordagem educacional, garantindo que cada estudante tenha a oportunidade de aprender e prosperar em um ambiente inclusivo.

**Desejamos que seja um tempo de muitas aprendizagens para todas e todos!**

**Lílian Rocha Gomes Tavares**

Psicóloga Clínica, CRP 07/08785.

Professora do Instituto Educar Brasil.

## 1. Introdução

Vocês conseguem reconhecer qual órgão humano é capaz de pensar sobre nosso passado, presente e planejar o futuro?

Também é capaz de sentir e expressar emoções, perceber o ambiente onde vive através dos órgãos do sentido, executar movimentos de forma voluntária, aprender na escola e inclusive permitir que vocês estejam lendo este texto?

O Sistema Nervoso pode ser considerado o sistema mais complexo e organizado entre os vários sistemas que compõem o corpo humano. Pode ser dividido em dois grandes contingentes: **Sistema Nervoso Central (SNC)**, que consta CÉREBRO, CEREBELO, TRONCO ENCEFÁLICO E MEDULA; e **Sistema Nervoso Periférico (SNP)**, representado por NERVOS, GÂNGLIOS E TERMINAÇÕES NERVOSAS.

Nosso cérebro pesa cerca de 1,4 kg. O cérebro de um boi, que pode ser encontrado em um supermercado, se parece muito com o nosso, só que menor. Como pode um pedaço de tecido tão pequeno nos permitir fazer música tão bela? Buscar a cura do câncer? Apaixonarmo-nos? Ou ler este material?

Com toda esta capacidade admirável, podemos supor que os humanos possuem o maior cérebro? Surpreendentemente, não. Os cérebros dos elefantes pesam em torno de 6 kg, e os cérebros das baleias, 9,5 kg. Com 1,4 kg, o cérebro humano parece insignificante - até compararmos o peso do cérebro com o peso do corpo. Então descobrimos que o cérebro do elefante é de 1/1000 do seu peso e a razão para os humanos é de 1/60.

Nas próximas páginas, vamos percorrer informações relacionadas ao funcionamento do cérebro e suas relações com a aprendizagem.

Boa Leitura!

## 2. Anatomia e funcionamento do Sistema Nervoso Central (SNC)

O cérebro é composto por dois grandes hemisférios que cobrem a sua parte superior. Os dois estão conectados por uma grossa faixa de fibras denominada corpo caloso. A sua camada externa é conhecida como córtex cerebral. Embora, o córtex tenha apenas três milímetros de espessura, ele contém 70% dos neurônios do sistema nervoso central, sendo em grande parte responsável por nossa capacidade de utilizar a linguagem, fazer ferramentas, adquirir aptidões complexas e viver em grupos sociais.

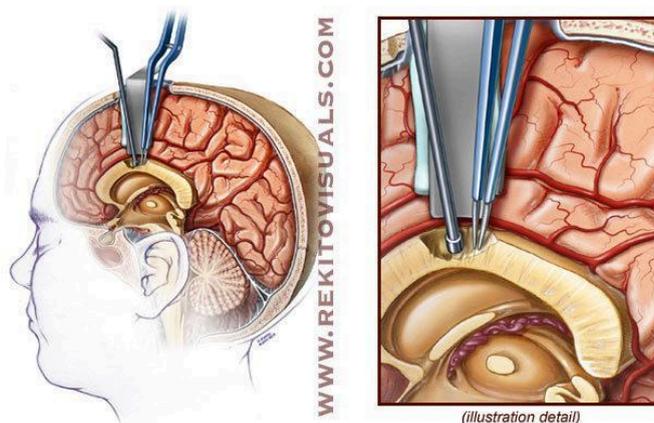


Figura 1: Adaptado de Nervous System. Blog Neuroanatomy

O córtex cerebral se parece um pouco com uma noz enrugada gigante. Ele cobre a maior parte do cérebro com uma manta de matéria cinza (tecido esponjoso composto, na sua maior parte, de corpos de células).

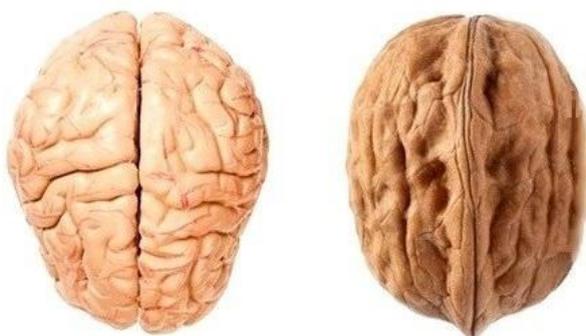


Figura 2: A semelhança entre nossos órgãos e os alimentos. Disponível [neste link](#).

Os órgãos do SNC são protegidos pela caixa craniana, protegendo o encéfalo, coluna vertebral, protegendo a medula, e por membranas, meninges (dura-máter-externa, aracnóide a do meio, e pia-máter, a interna).

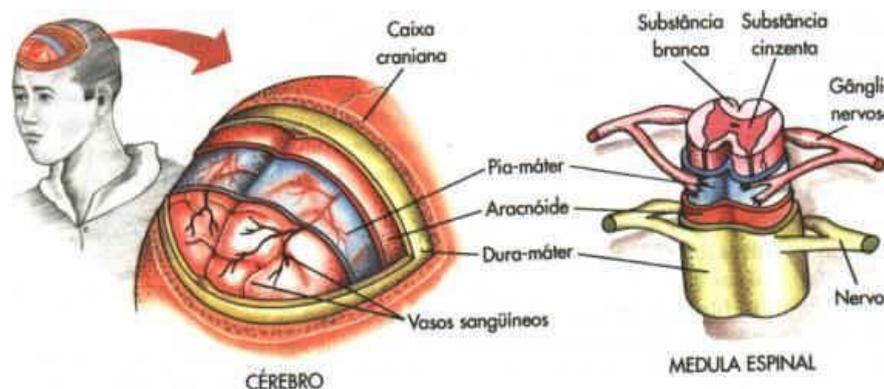


Figura 3: Anatomia e Fisiologia Humanas. Disponível [neste link](#).

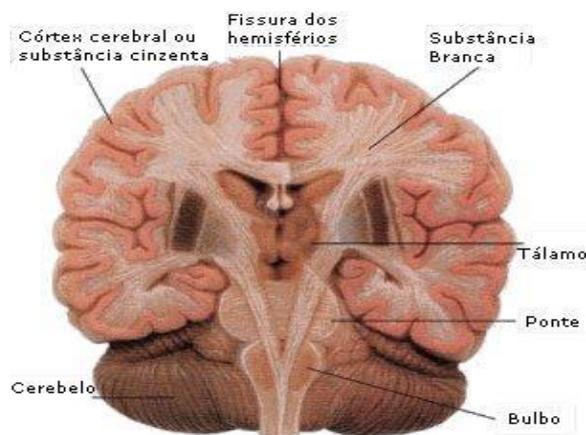


Figura 4: Partes do cérebro. Disponível [neste link](#).

Talvez você já tenha ouvido a expressão "**matéria cinzenta**", referindo-se ao cérebro. Em uma secção transversal feita no cérebro, é fácil ver as áreas cinzentas e brancas. O córtex e outras células nervosas são cinzentos, e as regiões entre eles, brancas. A coloração acinzentada é produzida pela agregação de milhares de corpos celulares, enquanto que branca é a cor da mielina. A cor branca revela a presença de feixes de axônios passando pelo cérebro, mais que em outras áreas nas quais as conexões estão sendo feitas. Nenhum neurônio tem conexão direta

com outro. No final do axônio encontram-se filamentos terminais, e estes estão próximos de outros neurônios. Eles podem estar próximos dos dendritos de outros neurônios (algumas vezes em estruturas especiais chamadas espinhas dendríticas, ou próximo ao corpo celular).

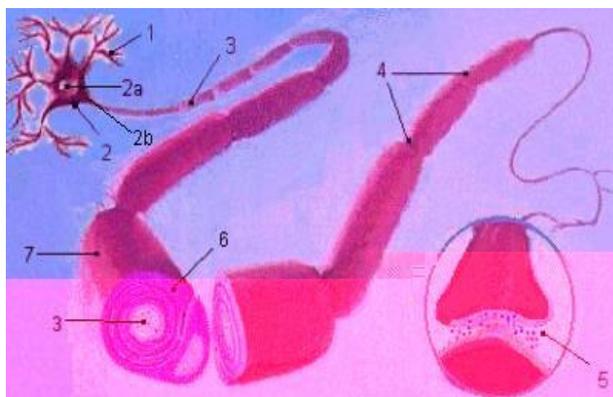
O que você faria se tivesse que responder a dezenas de milhares de comandos e comunicar-se com mais de mil pessoas ao mesmo tempo, sendo que essa troca de informações pode mudar o tempo todo?

A seguir vamos aprofundar os conhecimentos sobre os neurônios.

### **3. Neurônios, nossa galáxia interna**

Todos os estímulos do nosso ambiente causando sensações como dor e calor, todos os sentimentos, pensamentos, programação de respostas emocionais e motoras, bases neurais da aprendizagem e memória, ação de drogas psicoativas, causas de distúrbios mentais, e qualquer outra ação ou sensação do ser humano, não podem ser entendidas sem o fascinante conhecimento do processo de comunicação entre os neurônios.

Neurônios são células especializadas. Eles são feitos para receber certas conexões específicas, executar funções apropriadas e passar suas decisões de um evento particular a outros neurônios que estão relacionados com aqueles eventos. Estas especializações incluem uma membrana celular, que é especializada para transportar sinais nervosos como pulsos eletroquímicos; o dendrito, (do grego dendron, ou árvore) que recebe e libera os sinais, o axônio (do grego axoon, ou eixo), o "cabo" condutor de sinais, e pontos de contatos sinápticos, onde a informação pode ser passada de uma célula a outra.



**Figura 5: Neurons: Our Internal Galaxy. Brain&Mind. Disponível [neste link](#).**

Neurônios recebem. A maioria dos sinais é liberada aos dendritos (1). Os sinais gerados por um neurônio são enviados através do corpo celular (2), que contém o núcleo (2a), o "armazém" de informações genéticas. Axônios (3) são as principais unidades condutoras do neurônio. O cone axonal (2b) é a região na qual os sinais das células são iniciados. Células de Schwann (6), às quais não são partes da célula nervosa, mas um dos tipos das células neurogliais, exercem a importante função de isolar neurônios por envolver seus processos membranosos ao redor do axônio formando a bainha de mielina (7), uma substância branca gordurosa que ajuda os axônios a transmitirem mensagens mais rapidamente do que as não mielinizadas. A mielina é quebrada em vários pontos pelos nodos de Ranvier (4), de forma que em uma secção transversal o neurônio se parece como um cordão de salsichas. Ramos do axônio de um neurônio (o neurônio pré-sináptico) transmitem sinais a outro neurônio (o neurônio pós-sináptico) em um local chamado sinapse (5). Os ramos de um único axônio podem formar sinapses com até 1000 outros neurônios.

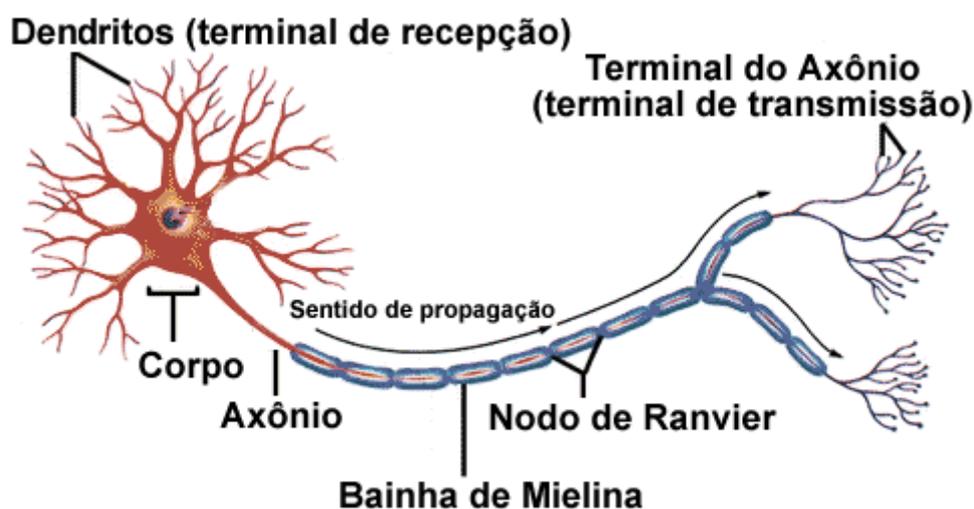


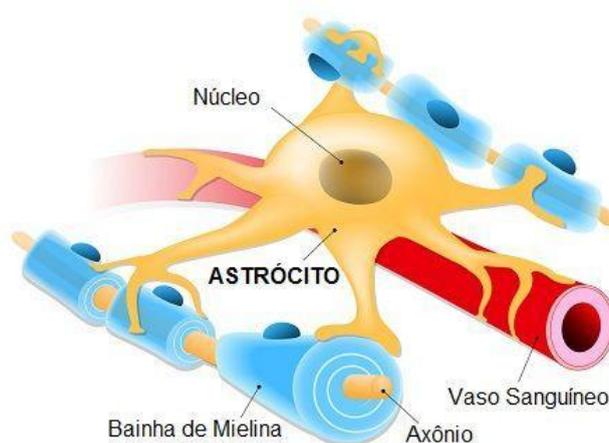
Figura 6: Adaptado de LEVADA, Miriam; et al. Apontamentos Teóricos de Citologia, Histologia e Embriologia. São Paulo: Catálise Editora, 1996.

Assim como as outras células, os neurônios se alimentam, respiram, têm os mesmos genes, os mesmos mecanismos bioquímicos e as mesmas organelas. Então, o que faz o neurônio diferente? Neurônios diferem de outras células em um aspecto importante: **ELES PROCESSAM INFORMAÇÃO**. Eles devem desencadear informações sobre o estado interno do organismo e seu ambiente externo, avaliar esta informação, e coordenar atividades apropriadas à situação e às necessidades correntes das pessoas.

A informação é processada através de um evento conhecido como impulso nervoso. O impulso nervoso é a transmissão de um sinal codificado de um dado estímulo ao longo da membrana do neurônio, a partir do ponto em que ele foi estimulado. Dois tipos de fenômenos estão envolvidos no processamento do impulso nervoso: **ELÉTRICO E QUÍMICO**. Eventos elétricos propagam um sinal dentro do neurônio, e processos químicos transmitem o sinal de um neurônio a outro ou a uma célula muscular. Processos químicos sobre interações entre neurônios ocorrem no final do axônio, chamado sinapse. Quando o dendrito ou corpo celular de outra célula (mas sem continuidade material entre ambas as células) aproxima-se do axônio da célula, libera ou inibe substâncias químicas chamadas neurotransmissores, os quais se unem a receptores químicos na membrana do neurônio seguinte. Os vários tipos de sinapse são diferenciados pela

parte do neurônio que entra em contato com o axônio, podendo ser axossomáticos, axodendríticos e axoaxônicos.

O sistema nervoso contém também células gliais, as quais excedem os neurônios em número, na relação de cerca de dez para um, no SNC. Até pouco tempo, acreditava-se que estas misteriosas células meramente mantivessem os neurônios no lugar, como o tecido conjuntivo em muitos órgãos. Porém hoje, pelo que se sabe, aparentemente as células são ativas. Elas se envolvem no processo de cura quando o SNC é lesado. Aparentemente desempenham um papel no controle das atividades dos neurônios. Podem auxiliar na percepção e memória em processos mentais ainda mais complexos (DIAMOND, 1985).



**Figura 7: Adaptado de DUARTE, Michelle. *Células Gliais*. Blog Toda Matéria.**  
Disponível [neste link](#).

## 4. Neurotransmissores: mensageiros do cérebro

Quimicamente, os neurotransmissores são moléculas relativamente pequenas e simples. Diferentes tipos de células secretam diferentes neurotransmissores. Cada substância química cerebral funciona em áreas bastante espalhadas, mas muito específicas do cérebro e podem ter efeitos diferentes dependendo do local de ativação. Cerca de 100 neurotransmissores foram identificados e podem ser classificados, em geral, em uma das quatro categorias a seguir.

**1) Colinas:** das quais a acetilcolina é a mais importante.

**2) Aminas biogênicas:** a serotonina, a histamina, e as catecolaminas - a dopamina e a norepinefrina.

**3) Aminoácidos:** o glutamato e o aspartato são os transmissores excitatórios bem conhecidos, enquanto que o ácido gama-aminobutírico (GABA), a glicina e a taurine são neurotransmissores inibidores.

**4) Neuropeptídeos:** são formados por cadeias mais longas de aminoácidos (como uma pequena molécula de proteína). Sabe-se que mais de 50 deles ocorrem no cérebro e muitos deles têm sido implicados na modulação ou na transmissão de informação neural.

Da mesma forma que uma peça só se encaixa em um local específico de um quebra-cabeça, cada tipo de neurotransmissor tem uma configuração distinta que se encaixa com um tipo específico de local receptor no neurônio que recebe a mensagem.

## 4.1. Neurotransmissores importantes e suas funções

### • DOPAMINA

Controla níveis de estimulação e controle motor em muitas partes do cérebro. Quando os níveis estão extremamente baixos na doença de Parkinson, os pacientes são incapazes de se mover voluntariamente. Presume-se que o LSD e outras drogas alucinógenas ajam no sistema da dopamina.

Esquizofrenia - é uma patologia causada pelo excesso de dopamina liberada para o terminal pós-sináptico. Há a hipótese que existe uma excessiva estimulação dopaminérgica no lobo frontal (causado talvez pela ativação de genes). É tratada por drogas que bloqueiam a ligação da dopamina no receptor pós-sináptico.

### • SEROTONINA

Esse é um neurotransmissor que é incrementado por muitos antidepressivos tais como o Prozac, e assim tornou-se conhecido como o neurotransmissor do 'bem-estar'. Ela tem um profundo efeito no humor, na ansiedade e na agressão.

**Desordens de humor:** a diminuição da liberação de serotonina no sistema nervoso central está associada a desordens de humor e depressão. Costuma-se tratar esses pacientes com medicamentos que bloqueiam a recaptação da serotonina para o terminal pré-sináptico (ex. Fluoxetina, Prozac).

**Desordem obsessiva compulsiva:** associada a redução nos níveis de serotonina no sistema nervoso central, é geralmente tratada por meio da inibição da recaptação da serotonina.

**Apetite:** é reduzido por drogas que elevam a serotonina no encéfalo (geralmente amina).

**Comportamento agressivo e suicídio:** tem sido associado a reduzidos níveis de serotonina no encéfalo.

**Latência de sono:** a latência de sono (tempo que a pessoa leva para dormir) é diminuída com “triptofano”, um aminoácido necessário para a síntese de serotonina. Esse dado sugere que a serotonina pode ter um papel importante na indução do sono. O leite é rico em triptofano, o que sugere que um copo de leite antes de dormir pode facilitar o sono.

**Percepção:** as sinapses serotoninérgicas estão presentes no córtex cerebral e estão envolvidas nos processos de percepção.

- **ACETILCOLINA (ACH)**

É o neurotransmissor na junção neuromuscular, sendo sintetizada por todos os neurônios motores na medula espinhal e no tronco encefálico; sua ação principal é excitatória – ativa os músculos. A acetilcolina controla a atividade de áreas cerebrais relacionadas à atenção, aprendizagem e memória. Pessoas que sofrem da doença de Alzheimer apresentam tipicamente baixos níveis de ACTH no córtex cerebral, e as drogas que aumentam sua ação podem melhorar a memória em tais pacientes.

- **NORADRENALINA**

Principalmente uma substância química que induz a excitação física e mental e bom humor. A produção é centrada na área do cérebro chamada de locus

coreuleus, que é um dos muitos candidatos ao chamado centro de "prazer" do cérebro. A medicina comprovou que a norepinefrina é uma mediadora dos batimentos cardíacos, pressão sanguínea, a taxa de conversão de glicogênio (glucose) para energia, assim como outros benefícios físicos.

- **GLUTAMATO**

O principal neurotransmissor excitante do cérebro, vital para estabelecer os vínculos entre os neurônios que são a base da aprendizagem e da memória de longo prazo.

- **ENCEFALINAS E ENDORFINAS**

Essas substâncias são opiáceos que, como as drogas heroína e morfina, modulam a dor, reduzem o estresse, etc. Elas podem estar envolvidas nos mecanismos de dependência química.

## **5. Hemisférios**

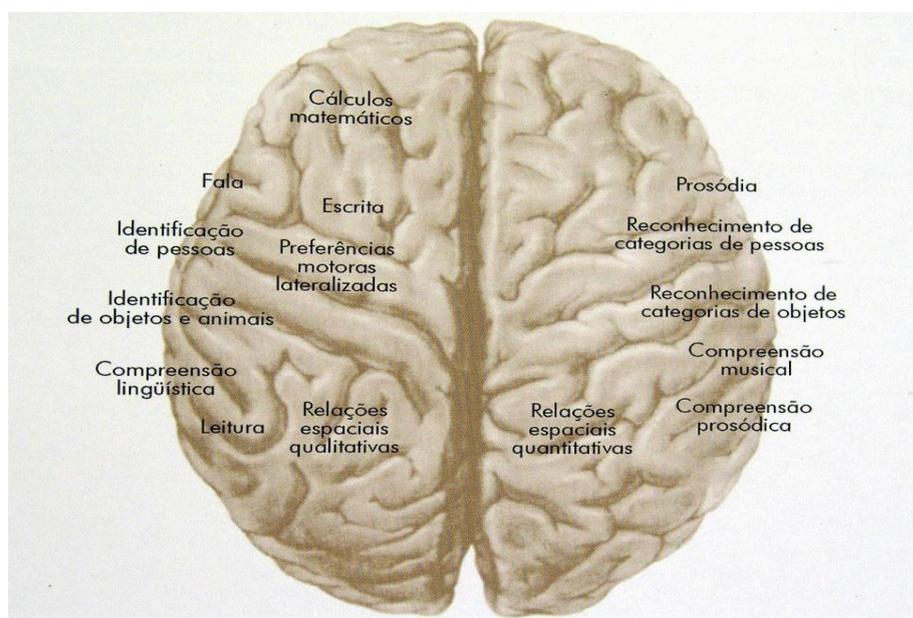
Como já vimos, o córtex é composto de dois lados, denominados hemisférios cerebrais. O lado esquerdo do cérebro controla principalmente o lado direito do corpo. Da mesma maneira, o lado direito do cérebro controla o lado esquerdo do corpo. Além disso, os hemisférios diferem em habilidades, pois ele divide seu trabalho de forma muito interessante. Cerca de 95% das pessoas utilizam nosso cérebro esquerdo para a linguagem (falar, escrever e entender). Além disso, o hemisfério esquerdo é superior em matemática, julgar tempo e ritmo e coordenar a ordem de movimentos mais complexos, como os necessários para a fala.

Opostamente, o hemisfério direito só consegue produzir a linguagem e os números mais simples. Trabalhar com o hemisfério direito é como falar com uma criança que só sabe dizer uma dúzia de palavras. Para responder a perguntas, o hemisfério tem de utilizar respostas não-verbais, como apontar para objetos.

Embora ele seja ruim na produção da linguagem, o cérebro tem os seus próprios talentos. Ele é especialmente bom em aptidões de percepção, como reconhecer padrões, rostos, melodias; montar um quebra-cabeça ou desenhar. Ele também ajuda a expressar emoções e detectar as emoções que as outras pessoas estão sentindo.

Normalmente, o hemisfério esquerdo está envolvido principalmente com análise (decompor informações em partes). Ele também processa informações sequencialmente (em ordem, um item após o outro). O hemisfério direito aparentemente processa informações simultânea e holisticamente (tudo de uma vez só).

Para resumir ainda mais, pode-se dizer que o hemisfério direito é melhor em juntar as peças do mundo em um quadro coerente. O cérebro esquerdo se concentra em pequenos detalhes. O cérebro direito vê o ângulo geral; o esquerdo foca nos detalhes. O foco do lado esquerdo do cérebro é local, o do direito é global.



**Figura 8: Adaptado de LENT, Roberto. Especialização dos Hemisférios, 2002.**

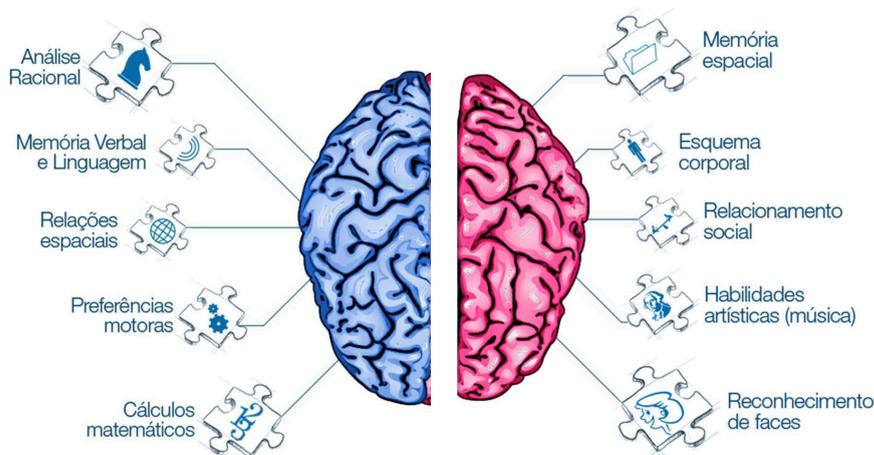


Figura 9: Adaptado de FÓZ, Adriana. Neurociência na Educação: Desafios e conhecimentos.

## 6. Lobos do córtex cerebral

Além dos dois grandes hemisférios, o córtex cerebral pode ser dividido em vários lobos menores (áreas delimitadas por grandes fendas e fissuras ou definidas pelas suas funções). Muitos dos lobos do córtex cerebral são definidos por fissuras maiores na superfície do cérebro. Outros são considerados áreas separadas, porque suas funções são bem diferentes.

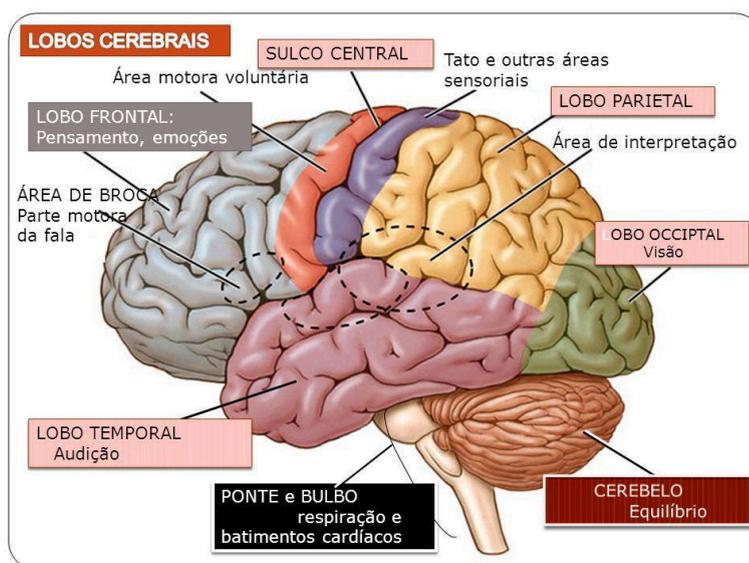


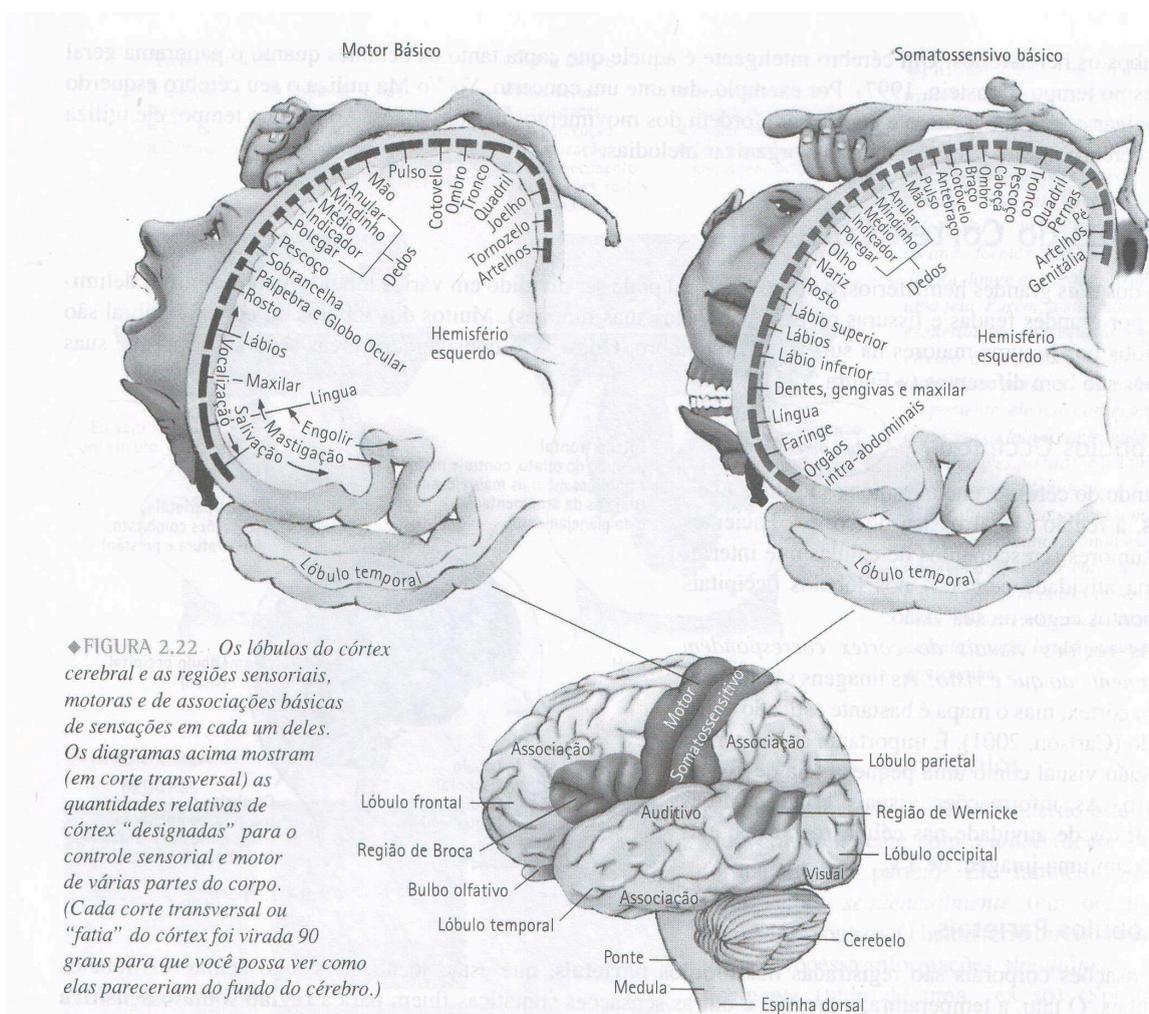
Figura 10: Adaptado de LOPES, Luiza da Silva. Hemisfério Cerebral e Córtex Cerebral. Neuroanatomia, USP. 2016.

## LOBO OCCIPITAL

Localizado no fundo do cérebro, é a região visual básica do córtex. Portanto é um lobo eminentemente sensitivo. Todo aprendizado de conteúdo visual necessita passar pelo lobo occipital.

## LOBO PARIETAL

As sensações corporais são registradas no lobo parietal, que está localizado acima do lobo occipital. O tato, a temperatura, a pressão e outras sensações somáticas fluem na região somatossensitiva no lobo parietal.



**Figura 11: Adaptado de Penfield & Rasmussen. The Cerebral Cortex of Man: A Clinical Study of Localization of Function. New York: The Macmillan Company, 1950.**

Esta figura mostra que o córtex reflete a sensibilidade das regiões do corpo e não o seu tamanho. Por exemplo, os lábios são grandes no desenho por causa de sua grande sensibilidade, enquanto o pulso e o tronco, que são menos sensíveis, são menores. Observe que as mãos também são grandes no mapa da sensibilidade corporal – o que obviamente é uma auxiliar para músicos, digitadores, cirurgiões, massagistas, artistas plásticos...

### **LOBO TEMPORAL**

Está localizado em cada um dos lados do cérebro. As informações auditivas são projetadas diretamente neste lobo, transformando-se no local principal onde a audição é registrada. Por isso, também é sensível e tem várias funções. A porção mesial e a bem anterior são as mais antigas, do ponto de vista filológico e ontogenético, e estão relacionadas com o olfato – no uncus do hipocampo -, com as emoções e o comportamento, bem como parte do funcionamento da memória – na região do hipocampo. Vários aprendizados ocorrem no lobo temporal, como, por exemplo, aqueles que envolvem o olfato, audição, linguagem compreensiva, comportamento, emoções e memória.

### **LOBO FRONTAL**

Tem várias funções. O planejamento da fala está na área de Broca, localizada no giro frontal inferior esquerdo, nos destros, e o planejamento dos atos motores fica na porção mesial do lobo frontal, na área motora suplementar. Também é responsável por todos os movimentos do corpo, na área frontal posterior, face lateral. Outras funções também estão localizadas no lobo frontal, tais como controle do humor, dos impulsos e o gerenciamento de todas as situações que envolvam a relação entre a pessoa e o ambiente.

## 6.1. Subcortex: no centro da matéria cerebral

A fome, a sede, o sono, a atenção, o sexo, a respiração e várias outras funções vitais são controlados por partes do subcórtex. O subcortex fica imediatamente abaixo dos hemisférios cerebrais. Essa região pode ser dividida em tronco cerebral e o cérebro anterior.

O Tronco cerebral ou encefálico é composto basicamente por bulbo, ponte e mesencéfalo. A Ponte é uma região do tronco cerebral que age como uma ponte entre a medula e outras estruturas. Influencia o sono e a excitação. Formação reticular é a rede de fibras e corpos celulares dentro da medula e do tronco cerebral associada à atenção, tônus muscular, postura, movimento dos olhos, do rosto, da cabeça, do corpo e dos membros. Ao mesmo tempo, controla os reflexos envolvidos na respiração e nos atos de espirrar, tossir e vomitar. Sistema reticular ativador (SRA) bombardeia o córtex com estimulação, mantendo-o ativo e alerta.

- **CÉREBRO ANTERIOR**

Como pedras preciosas, as partes mais importantes do nosso corpo ficam enterradas fundo em nosso cérebro. O tálamo e a região logo abaixo dele, denominada hipotálamo, são as partes-chave do cérebro anterior.

- **TÁLAMO**

A visão, a audição, o paladar e o tato passam por essa estrutura pequena em forma de bola de futebol. Lesões até em pequenas regiões do tálamo podem provocar surdez, cegueira ou a perda de qualquer sentido, exceto o olfato (que se conecta diretamente com o córtex).

- **HIPOTÁLAMO**

Aproximadamente do tamanho de uma uva, é um tipo de centro de controle mestre das emoções. Afeta comportamentos tão diversos quanto o sexo, a raiva, o controle da temperatura, a liberação de hormônios, comer e beber, dormir, acordar e sentir emoções. Ele é basicamente um cruzamento que conecta várias regiões do

cérebro. Ele também é o último local onde os comportamentos são organizados ou “decididos” antes de as mensagens saírem do cérebro, causando a reação do corpo.

- **SISTEMA LÍMBICO**

Como um grupo, o hipotálamo, parte do tálamo, a amígdala, o hipocampo e outras estruturas formam o sistema límbico. Ele tem papel importante na produção de emoções e motivação do comportamento. Raiva, medo, resposta sexual e excitação intensa podem ser obtidos de vários pontos no sistema límbico. LeDoux e outros pesquisadores descobriram que uma região do cérebro, denominada amígdala, se especializa em produzir o medo. Ela recebe informações sensoriais muito direta e rapidamente, passando perto do córtex. Isso nos permite responder a estímulos potencialmente perigosos antes de sabermos realmente o que está acontecendo. O papel da amígdala na emoção pode explicar por que as pessoas que sofrem de fobias e ansiedade incapacitadoras geralmente sentem medo sem saber o motivo. Algumas partes do sistema límbico assumiram funções adicionais de níveis superiores. Uma parte chamada hipocampo é importante para a formação de lembranças duradouras.

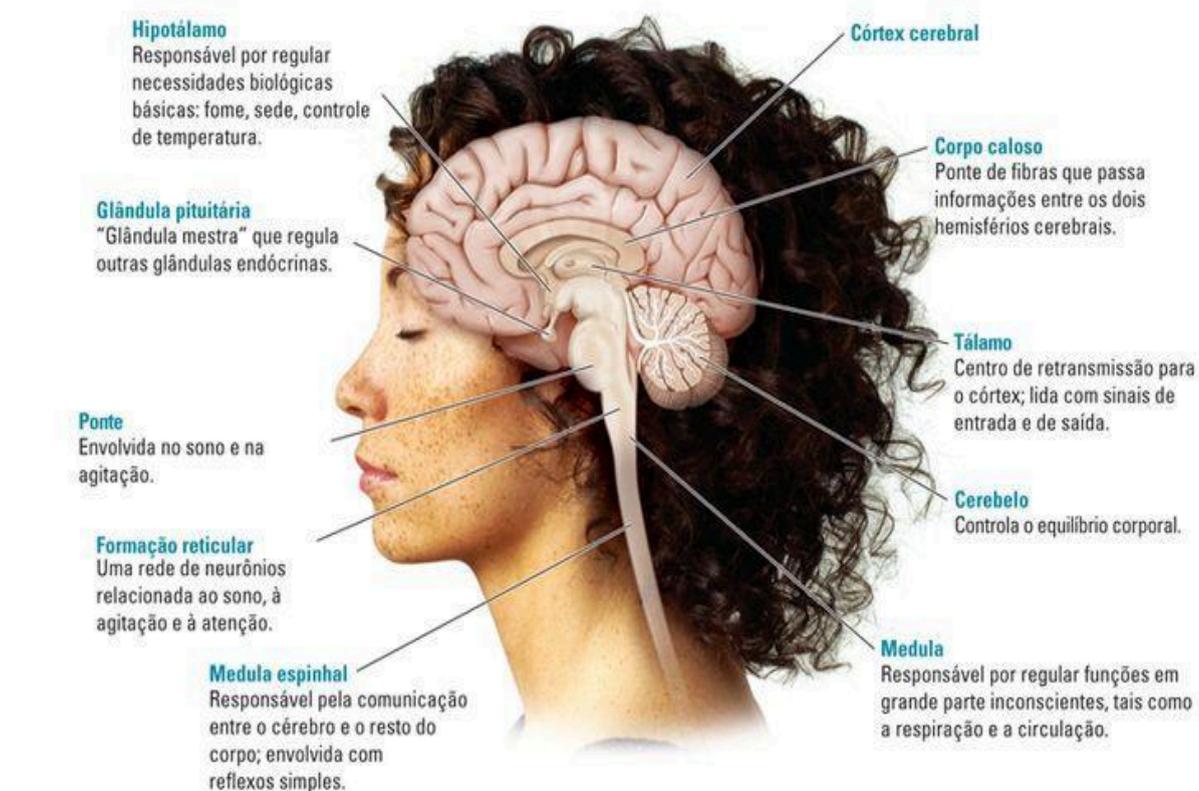
- **CEREBELO**

Situado atrás do cérebro, encarregado da postura, equilíbrio, do tônus da coordenação motora e da marcha. Também armazena lembranças relacionadas a aptidões e hábitos. Também é importante na manutenção e na mudança do foco da atenção, bem como na fala e no comportamento. Em suma, o cerebelo é praticamente “um pequeno cérebro” como seu próprio nome já enuncia, e evidentemente tem muita participação na aprendizagem, tanto na recepção de informações, quanto na modulação das respostas a elas, quer seja de trânsito dentro do encéfalo, quer sejam motoras. Contêm tantos neurônios quanto ambos os hemisférios cerebrais juntos. O cerebelo é primariamente um centro para o controle do movimento que possui extensivas conexões com o cérebro e a medula espinhal. Ao contrário dos hemisférios, o lado esquerdo do cerebelo está relacionado com os

movimentos do lado esquerdo do corpo, enquanto o lado direito, com os movimentos do lado direito do corpo.

- **MEDULA**

Está envolvida pelos ossos da coluna vertebral e em continuidade com o tronco encefálico. A medula espinhal é o maior condutor de informação da pele, das articulações e dos músculos ao encéfalo, e deste para a pele, articulações e músculos. Conecta o cérebro com a espinha dorsal e controla as funções vitais. Sua organização é relativamente simples e invertida em relação aos hemisférios cerebrais. Nela, a substância cinzenta fica por dentro, enquanto a substância branca fica por fora. A medula mede aproximadamente 45 cm no adulto.



**Figura 12: Visão lateral das principais estruturas do cérebro.**

Adaptado de RENNERTANVA, et al. *Psico – Série A. ARTMED*, 2012.

## 7. Anatomia da Aprendizagem

Atualmente não restam dúvidas de que o processo de aprendizagem se dá no sistema nervoso central (SNC), que é uma estrutura complexa.

Aprendizagem e memória podem se confundir do seguinte modo: quando chega ao SNC uma informação conhecida, ela gera uma lembrança, que nada mais é do que uma memória, quando chega ao SNC uma informação inteiramente nova, ela nada evoca, e sim produz uma mudança – isso é aprendizado, do ponto de vista estritamente neurobiológico.

O ideal é que não só profissionais da área da saúde, mas também os da educação tenham noções básicas acerca do funcionamento normal e patológico do SNC. Esse funcionamento pressupõe o domínio de sólidas informações acerca das estruturas anatômicas sobre as quais ocorrem os eventos definidos como aprendizagem na criança.

Para que se entenda o processo do aprendizado, é também imprescindível dominar a sequência pela qual ocorrem os eventos neuromaturacionais da criança, enquanto cresce, se desenvolve e também aprende,

Inicialmente, a ideia era a de que apenas o neurônio era a unidade morfofuncional fundamental do SNC, enquanto que as células gliais ou neuroglia era tida meramente como uma célula de apoio.

Atualmente é admitido que essa não é uma afirmação definitiva. Sabe-se que as células gliais são 10 a 15 vezes mais numerosas que os neurônios, que podem modificar-se com a chegada de novas informações no SNC e que de certo modo, também participam dos mecanismos celulares do aprendizado.

Quanto aos neurônios, estima-se que cada cérebro tenha aproximadamente 86 bilhões, com diferentes formatos e funções, além de uma capacidade especial e específica, quase que exclusiva: sua capacidade de “aprender”.

Cada neurônio tem potencial para fazer em torno de 60 mil conexões ou sinapses. Por seu turno, cada sinapse pode receber até 100 mil impulsos por segundo, o que dá uma ideia da complexidade da estrutura e do funcionamento das redes neurais.

Todos os neurônios existentes no SNC podem, em última análise, ser classificados em três grandes grupos: neurônio aferente: também chamado de sensitivo, é aquele que recebe as informações; neurônio eferente, conhecido como neurônio motor, encarregado de enviar as informações ao meio externo; neurônio de associação: fica no interior do SNC, e corresponde ao maior contingente de células.

De uma forma extremamente simplificada é possível dizer que as informações sensitivas entram, viajam e são decodificadas na parte posterior do SNC. Elas são então processadas e modificadas pelos neurônios de associação e finalmente saem do SNC pela parte anterior, tanto do cérebro como da medula. Evidentemente, esse caminho de entrada, modificação e saída não é uma via expressa e direta. Ocorre uma série de conexões intermediárias, que podem modular a informação em qualquer um dos três pontos, tanto na entrada como na interpretação ou na saída.

Dentre as estruturas nervosas, alguém poderia imaginar que só os hemisférios cerebrais participam do processo de aprendizado. Contudo, isso não é uma verdade total. Vais depender do tipo de aprendizado.

Por exemplo, a atenção, pré-requisito dos mais primordiais para que se dê um aprendizado, não depende só dos hemisférios cerebrais. Depende de uma complexa interação entre estruturas do tronco encefálico e suas conexões com o córtex frontal.

O cerebelo, por seu turno, inicialmente imaginado como uma estrutura eminentemente motora, que tinha a ver com equilíbrio, tônus muscular e coordenação motora, atualmente é também admitido como participante dos processos de mudança do foco da atenção, aprendizagem e linguagem, além de outras funções tidas como “superiores”.

Em outro exemplo, quando estivermos tratando de uma sequência de aprendizados eminentemente motores, tais como aprender a caminhar, a andar de bicicleta e a escrever dentre outros, as estruturas profundas do encéfalo e todo sistema extrapiramidal, que inclui os núcleos da base e também o cerebelo, certamente estarão envolvidos.

Evidentemente, os hemisférios cerebrais estão envolvidos naqueles aprendizados tidos como mais elaborados. São exemplos as gnosias (funções

corticais ligadas ao conhecimento), as praxias (capacidade do indivíduo de realizar um ato motor mais ou menos complexo), alguns aspectos da linguagem, da matemática, da leitura e também da escrita.

## 7.1. Unidades funcionais de Luria

Uma das formas de se entender a organização neuroanatômica é fundamentada no esquema proposto pelo neurologista russo Luria. Apesar de cada hemisfério cerebral ter suas peculiaridades, o cérebro funciona como um todo, no que se refere à cognição e conduta do indivíduo. Segundo Luria, haveria três sistemas funcionais a saber:

- **PRIMEIRA UNIDADE FUNCIONAL OU DE VIGÍLIA:** constituída por unidades do tronco encefálico e suas conexões pré-frontais, que regem o ciclo sono-vigília. Alterações anatômicas ou funcionais nessa unidade causam desatenção.
- **SEGUNDA UNIDADE FUNCIONAL:** tem a ver com a recepção, armazenamento e análise das informações. Corresponde a toda porção posterior dos hemisférios cerebrais. É subdividida em áreas primárias, secundárias e terciárias, que se relacionam com a visão, audição e sensação tátil-somestésica.
- **TERCEIRA UNIDADE FUNCIONAL:** é a responsável pela programação, regulação e verificação continuada da atividade. Corresponde a toda a porção anterior dos hemisférios cerebrais.

Segundo Rebollo (1991), haveria uma quarta unidade funcional, não descrita por Luria. Essa unidade seria responsável pelas emoções e estaria situada no sistema límbico.

## 7.2. Os lobos cerebrais e a aprendizagem

A divisão dos hemisférios cerebrais em lobos ou lóbulos, apesar de arbitrária, é de valor didático, para que se possa entender as funções primordiais de cada lóbulo. Na realidade, existem inúmeras conexões entre os lobos dos hemisférios cerebrais de tal forma que eles atuam juntos, apesar de nem sempre de forma simétrica.

O lobo occipital está relacionado primariamente com a visão; portanto, é um lobo eminentemente sensitivo. Todo aprendizado de conteúdo visual necessita passar pelo lobo occipital.

O lobo temporal também é sensitivo e tem várias funções. São muitos os aprendizados que ocorrem no lobo temporal, como, por exemplo, aqueles que envolvam olfato, audição, linguagem compreensiva, comportamento, emoções e memória.

O lobo frontal tem várias funções. O planejamento da fala está na área de Brocca, localizada no giro frontal inferior esquerdo, nos destros, e o planejamento dos atos motores fica na porção mesial do lobo temporal, na área motora suplementar. Também é responsável por todos os movimentos do corpo, no chamado homúnculo de Penfield, na área frontal posterior, face lateral. Outras funções estão localizadas nos lobos frontais, tais como controle do humor, dos impulsos e o gerenciamento de todas as informações que envolvam a relação entre a pessoa e o ambiente. No que se refere ao aprendizado pode-se afirmar que o lobo frontal participa da linguagem falada, do controle do humor e dos impulsos, além de todos os aprendizados que envolvam o movimento do corpo. O lobo frontal atua gerenciando todas as demais funções da vida de relação.

O lobo parietal é basicamente sensitivo. As gnosias dependem do lobo parietal e de todas suas conexões para se desenvolverem. Se fosse possível colimar um “alvo” exato para colocar a inteligência, possivelmente seria no lobo parietal, ou que sabe na encruzilhada entre os lobos parietais, temporais e occipitais.

## REFERÊNCIAS

BEAR, Mark F. Neurociências: desvendando o sistema nervoso. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.

BEE, Helen. A criança em desenvolvimento. 9. ed. Porto Alegre: Artmed, 2003.

COON, Dennis. Introdução à Psicologia: uma jornada. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.

ROTTA, Newra Tellechea; OHLWEILER, Lygia; RIESGO, Rudimar dos Santos. Transtornos da Aprendizagem. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016.