

A RELAÇÃO ENTRE MEMÓRIA E APRENDIZADO MOTOR E O PERFIL DE ONDAS CEREBRAIS

Francisco Fleury Uchoa Santos Júnior
José Rogério Santana

Caracterização da memória

Considerando que temos em nosso cérebro aspectos conscientes e inconscientes, a compreensão da integralização dessas características para a formação do indivíduo perpassa o entendimento do funcionamento cerebral, o que inclui os mecanismos de automatismo inerentes à própria sobrevivência humana. Apresentamos, anatômica e fisiologicamente, uma rede de interconexões cerebrais, de modo que pode ser difícil distinguir um comportamento, de fato, voluntário e consciente de outro comportamento denominado habitual ou automatizado (MLODINOW, 2013).

Além das ações neurais relacionadas ao planejamento e automatização do movimento ou de um comportamento, a memória apresenta-se também como uma variável cognitiva determinante na aprendizagem motora. Esta pode ser definida como a capacidade do indivíduo de reter e utilizar diversas informações de várias maneiras por variados períodos indeterminados de tempo e pode ser conceituada como o armazenamento de material oriundo das atividades, emoções e pensamentos dos muitos estágios de processamento de informação (IZQUIERDO, 2011). Destacam-se três sistemas de memória relacionados ao processamento de informação e consequente produção de movimento: armazenamento sensorial de curto prazo (ASCP), memória de curto prazo (MCP) e memória de

longo prazo (MLP). A MCP também pode ser conhecida como memória de trabalho (IZQUIERDO, 2011).

Neuroplasticidade e memória

A capacidade adaptativa do sistema nervoso às mudanças nas condições do ambiente que ocorrem no dia a dia da vida dos indivíduos chama-se *neuroplasticidade*, ou simplesmente plasticidade, um conceito que se estende desde a resposta a lesões traumáticas destrutivas até as coloquiais alterações resultantes dos processos de aprendizagem e memória. Cada vez que alguma forma de energia/informação proveniente do ambiente externo ou interno de algum modo incide sobre o sistema nervoso, deixa nele alguma marca, modificando-o de algum modo. Como isso ocorre diariamente, a neuroplasticidade é, portanto, uma característica marcante e constante da função neurológica. Além disso, há uma relação entre esse aprendizado e os novos planejamentos realizados, pois o planejamento motor se baseia em duas frentes, na experiência sensorial não aprendida (sinestésica, visual, proprioceptiva) e em uma via que repousa sobre o aprendizado, a memória e o pensamento amplo (LENT, 2010).

Sabe-se que o conceito de um cérebro estático e imutável está equivocados. Na verdade, ele tem uma propriedade (neuroplasticidade) que é capaz de mudar sua estrutura e sua função de maneira considerável (DAVIDSON; BEGLEY, 2013). Essa propriedade pode proporcionar comportamentos mais flexíveis ou mais rígidos, um fenômeno denominado de “paradoxo plástico” (DOIDGE, 2016). Essa mudança pode ocorrer em resposta às nossas experiências e aos nossos pensamentos. O cérebro de violinistas, por exemplo, tem um aumento mensurável de tamanho e atividade nas áreas que controlam

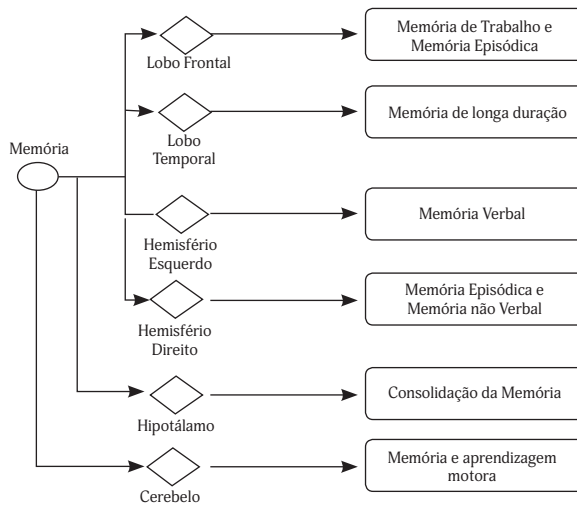
os dedos; já o de taxistas, a exemplo dos de Londres, que trabalham em uma malha viária absolutamente complicada, demonstra um crescimento considerável no hipocampo, uma região associada ao contexto e à memória espacial. Tocar piano e entender o mapa de uma cidade são exemplos de experiências e aprendizados intensos e repetidos vindos do mundo externo (DAVIDSON; BEGLEY, 2013).

O hipocampo é uma formação relacionada diretamente com o que conhecemos como sistema límbico. Estudos atuais nos conduzem à noção do sistema límbico como um sistema composto por estruturas telencefálicas, diencefálicas e mesencefálicas, que, por sua vez, em conjunto, compõem o atual lobo límbico e que, apesar da sua diversidade anatômica e funcional, são particularmente responsáveis pela fisiologia das emoções, memória e aprendizado. Os elementos principais do sistema límbico são a formação hipocampal e a amígdala, que participam basicamente de circuitos distintos com o resto do encéfalo. A formação do hipocampo relaciona-se principalmente com estruturas telencefálicas e diencefálicas, por meio de circuitos que têm como finalidade básica a memória; já os circuitos que envolvem a amígdala se relacionam mais propriamente com as emoções e com os sistemas efetores autonômicos, neuroendócrinos e motores. O sistema límbico, na sua totalidade, é composto por estruturas corticais e por estruturas subcorticais ou nucleares, que se conectam entre si e com outras áreas do sistema nervoso através de uma complexa rede de tratos. Além de áreas já consagradas como o hipocampo, há evidências crescentes do papel do cerebelo em algumas funções cognitivas, tais como a memória executiva verbal e eventualmente em processos de respostas motoras e verbais (MENESES, 2015). Existe uma diversidade de possibilidades de construção da memória e as mesmas parecem estar

integradas de forma única na constituição dos diversos tipos de memória e aprendizado (Figura 1).

O cerebelo é dotado de mecanismos de memória que possibilitam a aprendizagem motora. Recentemente se descobriu que o cerebelo participa de funções mentais, apresentando fluxo sanguíneo aumentado durante a execução de tarefas motoras de natureza superior, como a linguagem, a aprendizagem de movimentos complexos, assim como a execução de movimentos com conteúdo emocional possivelmente relacionado ao sistema límbico. Assim, o cerebelo não é apenas uma máquina para atuar no controle motor, mas também um instrumento planejador que contribui com a capacidade mental. Essa nova perspectiva cerebelar é apoiada pela evidência de que indivíduos autistas e esquizofrênicos frequentemente apresentam lesões cerebelares (LENT, 2010).

Figura 1 – Áreas cerebrais e suas relações com a memória e o aprendizado



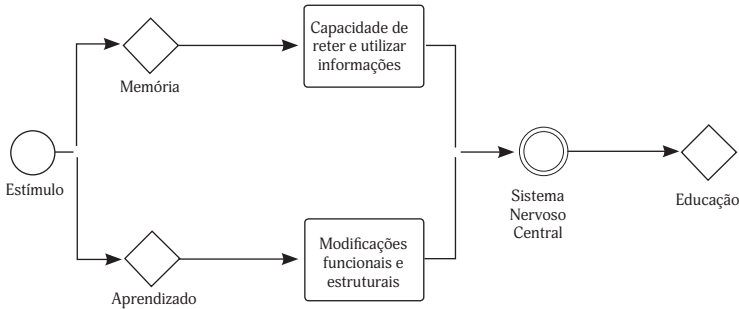
Fonte: Elaboração própria (2018).

Memória, aprendizado e educação

De acordo com Relvas (2009), o ser humano está em busca efetiva de sua essência e de sua existência, considerando que nossas habilidades fisiológicas permitem nossas percepções, sentimentos, palavras e emoções, de forma simultânea ao nosso aprendizado de conteúdos acadêmicos, aplicáveis ou não em nossas vidas. O aprendizado seria, portanto, um processo de alta complexidade que conduz o sistema nervoso central a modificações funcionais e estruturais (Figura 2).

Com efeito, os processos constitutivos de determinadas realidades passadas que se fazem presentes na rememoração dos fatos nos levam a considerar a relevância das construções mnemônicas nas civilizações antigas, perceptíveis nos domínios de reis, imperadores, governantes e suas ações práticas de perpetuação de imagens pela construção de monumentos que exaltam seus feitos heroicos ou ostentatórios, numa clara intenção de conservar na memória coletiva as suas memórias individuais, para que as gerações futuras deles não se esqueçam e assim preservem suas imagens na memória histórica e no cotidiano social. (SILVA; SOARES, 2018, p. 29).

Figura 2 – A associação de memória e aprendizado nas adequações do sistema nervoso central para a educação



Fonte: Elaboração própria (2018).

O acionamento de uma determinada área cortical, oriundo de um estímulo específico, produz alterações também em outras áreas encefálicas, uma vez que o encéfalo não funciona como regiões isoladas (RELVAS, 2009). Essa visão pode abrir margem para a utilização de novas tecnologias que possam permitir construções inovadoras de possibilidades terapêuticas e também que amplifiquem características do ser humano. O trabalho com o *neurofeedback* parece ser uma dessas tecnologias.

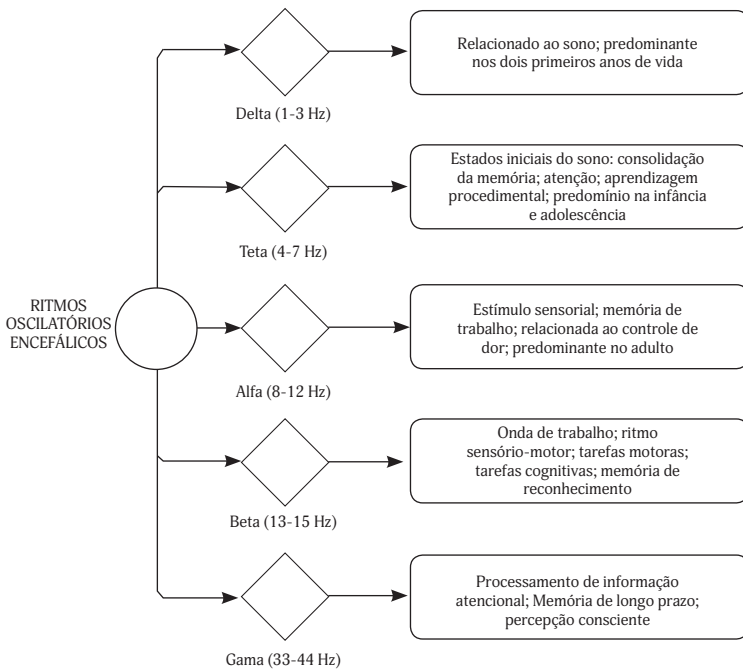
Neurofeedback e memória

Nosso cérebro pode apresentar dois tipos principais de comunicação (sinapses); o primeiro tipo é o químico, que utiliza neurotransmissores. O principal neurotransmissor relacionado à memória é a acetilcolina. O segundo tipo é fundamentado nas sinapses elétricas (MENESES, 2015). O funcionamento elétrico cerebral contempla diversas ondas específicas; as mais citadas são *Delta*, *Teta*, *Alfa*, *Beta* e *Gama* (Figura 3).

Destas, as ondas Alfa são as mais relacionadas à memória. A frequência pico de Alfa é uma medida do equilíbrio entre frequências de Alfa rápidas e lentas. A frequência de Alfa tem a maior amplitude, com grande relevância para o funcionamento cerebral. Em adultos é esperado que o pico de Alfa esteja em 10 Hz, o que representa um equilíbrio entre Alfa lenta e rápida. Essa frequência está correlacionada com a “memória semântica”, a habilidade de recordar palavras, e com a memória de trabalho.

Uma das formas de modular as ondas cerebrais é através do *neurofeedback*, uma modalidade não invasiva de condicionamento operante que visa restabelecer os padrões eletrofisiológicos adequados para o tratamento de determinadas desordens de caráter neurológico, psiquiátrico ou psicológico que podem conduzir à amplificação de habilidades cognitivas e à potencialização da sensação de bem-estar e do retorno à homeostasia. É um tipo de *biofeedback* que engloba os treinamentos de dimensões fisiológicas para a promoção de mudanças específicas ou globais no modo de funcionamento do organismo (COMERFORD; MOTTRAM, 2001). Trata-se de um aparelho que consegue detectar os padrões de ondas cerebrais e redirecioná-los para aperfeiçoar o equilíbrio e potenciais cerebrais funcionais, estimulando as habilidades naturais do cérebro e desenvolvendo suas potencialidades. Pode corrigir distúrbios no funcionamento cerebral e aprimorar o desempenho cognitivo e emocional. É conhecido como Eletroencefalograma *biofeedback*, estimula as habilidades naturais do cérebro, podendo resgatar e desenvolver suas potencialidades. Assim, pode corrigir alterações e aprimorar as funções cerebrais de modo mais eficaz (MELO et al., 2017; NASCIMENTO FILHO et al., 2017; RIBAS et al., 2016).

Figura 3 – Ritmos oscilatórios encefálicos



Fonte: Adaptada de Gonçalves e Boggio (2016).

Considerando que o funcionamento elétrico do cérebro se dá através de pequenas descargas elétricas que estabelecem as comunicações entre os neurônios, a partir de sensores dispostos no couro cabeludo evidencia-se na tela do computador a atividade elétrica do cérebro em tempo real; desse modo, após realizar uma avaliação, é possível estabelecer o que precisa ser treinado por regiões do cérebro e como as informações serão dadas de volta para o cérebro, se por estímulo visual, auditivo ou ambos (OLIVEIRA; FREITAS, 2006).

O treinamento com *neurofeedback* se baseia na capacidade de exercitar processos mentais específicos, como re-

laxamento, meditação, concentração e visualização de imagens e vídeos, além da interação com jogos digitais. Utilizando um aparelho de Eletroencefalograma quantitativo, podem-se avaliar e visualizar, em tempo real, as frequências das ondas cerebrais (VAZ et al., 2013). Os sinais são emitidos, interpretados e examinados por *softwares* específicos que respondem com sinais sonoros e/ou visuais, gerando uma resposta que permite avaliar as condições dos processos mentais, incluindo funções executivas. Com isso, é possível a realização de um treinamento para reprogramação encefálica (GHIRINGHELLI; GANANÇA, 2011).

A aplicabilidade do *neurofeedback* gera melhoria no equilíbrio, com possível influência no aprendizado motor de forma direta, confirmado pela diminuição da velocidade e deslocamento corporal em uma plataforma de força/pressão nos exames finais de baropodometria e estabilometria nas posições bipodal e sentada de uma criança com disfunção de aprendizado e controle motor, ataxia cerebelar (RIBAS et al., 2016).

De acordo com Ribas et al. (2016), o treinamento de algumas áreas cerebrais do lobo frontal, como Fpz, F7 e F8, pode trazer grandes contribuições para algumas funções do ser humano. Fpz é responsável pelo planejamento cerebral, organização e motivação; enquanto F7 controla o comportamento verbal e a memória de trabalho; já F8 auxilia no controle emocional, relacionado possivelmente ao sistema límbico e às habilidades sociais. O treinamento cerebral com *neurofeedback* promove modificações relevantes na capacidade mental das pessoas treinadas. Essa ferramenta é baseada no condicionamento operante e reflete o aprendizado relacionado com modificações que contemplam diversas áreas encefálicas.

Considerações finais

A associação entre o uso do *neurofeedback* para trabalhar elemento de memória e aprendizado se apresenta como uma tecnologia promissora, inclusive em condições patológicas. Dentre as ondas cerebrais destacadas neste processo, a onda cerebral Alfa parece ser determinante na formação da memória e do aprendizado motor. Essa onda está muito associada a atuações no ritmo sensorio-motor, que tem relação direta com o aprendizado motor, especialmente em crianças.

A associação dessa tecnologia no processo educacional ainda apresenta ampla capacidade de crescimento, por meio de novos *softwares* e aplicações diagnósticas, terapêuticas e educativas. Cabe destacar que esse campo de atuação ainda é pouco explorado, especialmente no Brasil, obtendo maior destaque nos Estados Unidos e nos países europeus, mas esse é apenas mais um desafio a ser vencido por nossos educadores e profissionais de saúde.

Referências

- COMERFORD, M. J.; MOTTRAM, S. L. Movement and stability dysfunction – contemporary developments. *Manual Therapy*, Edinburgh, v. 6, n. 1, p. 15-26, 2001.
- DAVIDSON, R. J.; BEGLEY, S. *O estilo emocional do cérebro*. Rio de Janeiro: Sextante, 2013.
- DOIDGE, N. *O cérebro que cura*. Rio de Janeiro: Record, 2016.
- GHIRINGHELLI, R.; GANANÇA, C. F. Posturografia com estímulos de realidade virtual em adultos jovens sem alterações do equilíbrio corporal. *Jornal da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia*, São Paulo, v. 23, n. 3, p. 264-270, 2011.

GONÇALVES, O. F.; BOGGIO, P. S. *Neuromodulação autorregulatória: princípios e prática*. São Paulo: Pearson Clinical Brasil, 2016.

IZQUIERDO, I. *Memória*. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.

LENT, R. *Cem bilhões de neurônios? Conceitos fundamentais de neurociência*. 2. ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 2010.

MELO, G. C. V. et al. Equilíbrio estático por baropodometria em paciente com ataxia cerebelar após tratamento com *neurofeedback*. *Fisioterapia Brasil*, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 249-256, 2017.

MENESES, M. S. *Neuroanatomia aplicada*. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2015.

MLODINOW, L. *Sublimar: como o inconsciente influencia nossas vidas*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2013.

NASCIMENTO FILHO, P. C. et al. Alterações no comportamento elétrico cerebral de uma criança com paralisia cerebral após atendimento com *neurofeedback*. *Fisioterapia Brasil*, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 369-373, 2017.

OLIVEIRA, A. P. R.; FREITAS, A. M. Efeitos da intervenção fisioterapêutica nas habilidades funcionais e no equilíbrio de uma paciente com ataxia espinocerebelar: estudo de caso. *Fisioterapia & Pesquisa*, São Paulo, v. 13, n. 3, p. 53-59, 2006.

RELVAS, M. P. *Neurociência e transtornos de aprendizagem*. Rio de Janeiro: WAK, 2009.

RIBAS, V. R. et al. The learning curve in neurofeedback of Peter van Deusen: a review article. *Dementia & Neuropsychologia*, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 98-103, 2016.

SILVA, A. E. S.; SOARES, J. W. D. História, memória e imagens do cotidiano: uma abordagem necessária. In: DUARTE, A. L. M.; LIMA, A. M. P.; PAIVA, F. J. O. (Org.). *Diálogos interdisciplinares: fundamentos em cultura, memória, ensino e linguagens na educação*. São Carlos: Pedro & João, 2018. p. 24-37.

VAZ, D. P. et al. Aspectos clínicos e funcionais do equilíbrio corporal em idosos com vertigem posicional paroxística benigna. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, São Paulo, v. 79, n. 2, p. 150-157, 2013.