



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO -UFRJ

Instituto de psiquiatria - IPUB

PÓS-GRADUAÇÃO EM NEUROCIÊNCIAS APLICADAS À APRENDIZAGEM

**EMPATIA NOS PROCESSOS DE APRENDIZAGEM**

**Cesar Augusto de Macedo**

RIO DE JANEIRO

2015



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO –UFRJ  
Instituto de Psiquiatria da UFRJ -IPUB  
PÓS-GRADUAÇÃO EM NEUROCIÊNCIAS APLICADAS À APRENDIZAGEM

## **EMPATIA NOS PROCESSOS DE APRENDIZAGEM**

**Cesar Augusto de Macedo**

Monografia apresentada na  
Universidade Federal do Rio de  
Janeiro - UFRJ, como requisito final  
do Curso de Especialização em  
Neurociências aplicada à  
aprendizagem.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Mariana Gongora

RIO DE JANEIRO

2015

**Dedicatória:**

Dedico este trabalho à musa da dança contemporânea, Graciela Figueroa, cuja prática pedagógica, fundada intuitivamente na empatia, foi fundamento de minha formação como bailarino, estimulando-me à construção de conhecimento somático no trabalho direto, em Nova York, com mestres do movimento como Jennifer Muller e Nina Martin.

## **Agradecimentos:**

À Soraya Jorge, prof.<sup>a</sup> e pesquisadora de dança contemporânea,  
pioneira da abordagem do *Movimento Autêntico* no Brasil,  
pela inspiração e incentivo a realização desse estudo em neurociências.

A Marcelo de Carvalho, doutor em filosofia, pela imensa generosidade  
no árduo trabalho de revisão do texto.

Aos colegas de curso, pela multidisciplinaridade de experiências  
afetivas e profissionais compartilhadas.

Ao legado do neurologista Oliver Sacks, cuja literatura científica descreve situações de patologia cerebral (encefalite letárgica, síndromes de Alzheimer, Tourette e Asperger, autismo, daltonismo, enxaqueca, perda da audição e fala), não como deficiências neurológicas, mas como ocasiões de adaptação plástica do cérebro à vida; como expressão de outros modos de ser e talentos que são únicos; como fonte de originalidade e criatividade. Em sua narrativa, percepções não são meras reproduções sensoriais, são construções cerebrais, *hipóteses perceptuais*. Neste sentido, sua escrita inspirou este trabalho, enquanto fomenta empatia com a *humanidade* que subjaz a aspectos meramente clínicos. Certamente, nos anos a vir, veremos sua pesquisa gerar frutos imponderáveis.

## Epígrafes:

“Os humanos são, pronunciadamente, seres contadores de histórias. Organizamos o mundo como um conjunto de histórias. Como então alguém assim [autista] poderia entender o sentido de um ambiente tão confuso, se não consegue compreender histórias ou inferir intenções alheias? Nos anais do heroísmo humano, não conheço tema tão enobrecedor quanto às *compensações* que as pessoas descobrem e implementam quando os infortúnios da vida as privam dos atributos básicos de nossa natureza comum”.

(Stephen Jay Gould – *O milênio em questão*, SP – Companhia das Letras, 1999.)

“Uma nova maneira de pensar irradiava do trabalho de Semir Zeki [cuja pesquisa em neurofisiologia animal havia comprovado uma área do cérebro responsável pela *construção da cor* e percepção cromática] e me fez refletir sobre a possível base neural da consciência de uma forma que jamais me ocorrera – e perceber que, com nossos novos meios de criar imagens do cérebro e registrar a atividade dos neurônios individuais em cérebros vivos e conscientes, poderíamos esboçar como e onde são “construídas” todas as espécies de experiências. Era uma ideia extremamente estimulante. Entendi o grande salto dado pela neurofisiologia desde os anos 1950 [...] quando não tínhamos qualquer meio de registrar a atividade de células nervosas individuais do cérebro, estando o animal consciente, percebendo e agindo. [...] Vim a entender como a cor pode ser, de fato, uma construção cérebro mental. [...] O “realismo ingênuo” das percepções visuais como transcrições de imagens cedía lugar à visão do cérebro como basicamente construtivo ou criativo”.

(Oliver Sacks: *Sempre em movimento*, Companhia das Letras – SP, 2015)

### **Resumo:**

Este trabalho investiga experiências inerentes à relação de ensino e aprendizagem, focalizando processos neurofisiológicos que operaram em níveis de *percepção intuitiva*, logo, não restritos unicamente à consciência. Através da compilação bibliográfica de um conjunto de estudos científicos, dedicados a redes e circuitos neuronais, objetiva-se o mapeamento do sistema de *neurônios espelho* que determinam certo *mimetismo automático transpessoal*, capaz de produzir, no cérebro do observador, estado similar ao da pessoa por ele observada. A *empatia* como capacidade de compreensão imediata do outro – em sua relação com o mundo – tendo por vetor o espelhamento da alteridade, cria um mundo virtual de gestos, imagens e palavras, compartilhados na interioridade. Em tal modo, este estudo visa potencializar a relação pedagógica instaurada entre mestre e discípulo nos processos de formação, vislumbrando um circuito ideal de reciprocidade ou de experiências compartilhadas entre *ensinamento e aprendizagem*, no qual se ensina aprendendo e vice versa, aprende-se ensinando.

### **Resume:**

This work investigates experiences inherent the relation of teaching and learning, focusing on neurophysiological processes that operates at levels of intuitive perception, thus not restricted solely to consciousness. Through bibliographic compilation of a number of scientific studies, dedicated to networks and neural circuits, the objective is the *mirror neuron system* mapping to determine certain transpersonal automatic mimicry, capable of producing in the observer's brain, a state similar to the one of the person he observes. Empathy as the ability to immediate understanding of each other - in their relation to the world - having as a vector the mirroring of otherness, creates a virtual world of gestures, images and words, shared in the innerness. In such a way, this study aims to empower the pedagogical relationship established between master and disciple in the training process, envisioning an ideal circuit of reciprocity or shared experiences between teaching and learning, in which one can teach while learning and can also vice versa learn while teaching.

## SUMÁRIO

### CAPÍTULO I

1.1 HISTÓRICO	.....	p. 8
1.2 INTRODUÇÃO	.....	p. 10
1.3 JUSTIFICATIVA	.....	p. 12
1.4 OBJETIVO GERAL	.....	p. 13
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	.....	p. 13
1.5 HIPÓTESE	.....	p. 13

### CAPÍTULO II

2.1. PLASTICIDADE CEREBRAL E APRENDIZAGEM	.....	p. 14
2.2. REDES NEURONAIS DA MEMÓRIA E APRENDIZAGEM:.....		p. 15
2.2.1.CODIFICAÇÃO	.....	p. 15
2.2.2. REDES NEURONAIS DA MEMÓRIA E APRENDIZAGEM: RETENÇÃO (ARMAZENAMENTO)	.....	p. 16
2.2.3. REDES NEURONAIS DA MEMÓRIA E APRENDIZAGEM: EVOCAÇÃO (RECUPERAÇÃO)	.....	p. 18
2.3. REDES NEURONAIS DA ATENÇÃO	.....	p. 19
2.4. REDE DOS NEURÔNIOS-ESPELHO	.....	p.22

### CAPÍTULO III

3.1. CONCLUSÃO	.....	p. 24
3.2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	.....	p. 26
3.2.1. LIVROS	.....	p. 26
3.2.2. ARTIGOS	.....	p. 28

## CAPÍTULO I

### 1.1 HISTÓRICO

Importantes descobertas e publicações sobre o sistema nervoso não teriam sido possíveis sem a evolução da tecnologia lógico instrumental de observação dos mecanismos biológicos. No início do século XIX, com o refinamento do microscópio, identifica-se (Golgi, 1884) nova tipologia de células do tecido nervoso, dotadas de extensões – dendritos –, mediante os quais estas se ligam umas às outras. Estudos revelam a ocorrência de uma transmissão elétrica (Franklin, 1751) nesta interseção entre células nervosas, nomeada sinapse. No final da década de 1890, a pesquisa do fisiologista inglês Sir Charles S. Sherrington (1852-1952), dedicada à fisiologia dos reflexos motores simples e complexos, atribui ao cerebelo posição central no sistema de percepção de posturas e de movimentos corporais, sistema este, por ele nomeado *proprioceptivo* (Sherrington, 1906). Em 1906, Santiago Ramon y Cajal, em conjunto com Camillo Golgi, elaboram a teoria do sistema nervoso, que postula enquanto unidade básica funcional, àquilo que Golgi denominara *neurônio*, a saber, a célula nervosa e sua especificidade.

Durante a década de 1930, cogitava-se a existência de neurotransmissores (Loewi, 1953; Loewi & Henry, 2000; Finger, 2005), como elementos químicos responsáveis pela transmissão dos impulsos nervosos. Todavia, somente nos anos 60 afirmou-se, em modo inteligível, o *funcionamento relacional* da membrana celular – dos nervos centrais e periféricos –, por meio de mecanismos iônicos (Eccles, 1964; Eccles, 1964b). Mecanismos de funcionamento de todas as membranas celulares dos nervos. Em 1969, Altman realiza marcação de células com timidina [3H] no bulbo olfatório e no hipocampo (Altman, 1969). Logo, em 1976, Peter Mansfield realizaria as primeiras imagens humanas por ressonância magnética (Mansfield, 1977). Em 1994,



Hanna e Antônio Damasio, utilizam a computação gráfica e técnicas de tomografia cerebral para calcular a provável trajetória da barra de aço que perfurou o cérebro de um sujeito, sobrevivente a um grave acidente nos EUA, o caso Phineas Gage de 1848. Utilizando as imagens produzidas por esse trabalho, os pesquisadores puderam afirmar com segurança que o ferro não havia atingido regiões cerebrais envolvidas nas funções motoras, ou de linguagem,. Afirmaram também que os danos foram mais extensos no hemisfério esquerdo do que no direito, abrangendo mais os setores anteriores do que os posteriores da região frontal<sup>1</sup>. "*Gage foi o início histórico dos estudos das bases biológicas do comportamento*", disse Antônio Damasio (Damasio, 1996).

A partir do ano 2000, várias descobertas apoiadas no desenvolvimento da tecnologia de neuroimagens foram realizadas. Arvid Carlsson, Paul Greengard e Eric Kandel, são premiados por suas descobertas sobre a *transdução* de sinal no sistema nervoso (Hawkins et al., 2006). Em 2001, Rizzolatti e colegas “retratam” a existência de uma classe de neurônios visuais-motores no córtex pré-motor de macacos, nomeados de *neurônios-espelho* (Rizzolatti et al., 2001). Em 2004, utilizando a ressonância magnética funcional, a mesma classe de neurônios é encontrada em voluntários humanos (Rizzolatti & Craighero, 2005). Todas foram pesquisas fundamentais na história das neurociências e contribuíram em modo decisivo ao desenvolvimento da pesquisa em neurociências cognitivas. Auxiliaram o configurar-se de novas bases de funcionamento do sistema nervoso dos seres vivos, permitindo-nos conhecer, avaliar e intervir sobre meios e modos de comportamento, de aprendizagem e de comunicação, nos animais, utilizando técnicas não-dolorosas de registro das atividades encefálicas (Panksepp, 1998; Pert, 1997). Pôde-se ainda, observar as funções superiores do ser humano associando-as as atividades neurofisiológicas (Bear et al, 2008; Porges, 2009).

## 1.2 INTRODUÇÃO

Desde o pensamento filosófico da antiguidade, atribuía-se ao encéfalo, situado na caixa craniana, as propriedades da consciência e seus atributos:

“O homem deve saber que de nenhum outro lugar, mas apenas do encéfalo vem a alegria, o prazer, o riso e a diversão, o pesar, o luto, o desalento e a lamentação. E por isso, de uma maneira especial, nós adquirimos sabedoria e conhecimento e enxergamos e ouvimos e sabemos o que é justo e injusto, o que é bom e o que é ruim, o que é doce e o que é insípido... E pelo mesmo órgão nos tornamos loucos e delirantes, e medos e terrores nos assombram... Todas essas coisas nós temos de suportar do encéfalo quando não está sadio... Nesse sentido, opino que é o encéfalo quem exerce o maior poder sobre o homem.” <sup>1[1]</sup>

Somente no século XX, o compartilhamento de conhecimentos entre as diversas áreas do saber (Gilbert Ryle, 1946) faria surgir novos ramos da filosofia, aliados a outras ciências, sobretudo àquelas que se dedicam a investigar em modo empírico fenômenos mentais. Teria início assim, o campo de estudo das *neurociências*, que atrai imediatamente a atenção dos filósofos da mente (Da Costa, 2007), concomitantemente ao avanço tecnológico que possibilitou a produção de neuroimagens.

Vários estudos na área das neurociências (Damásio, 1999; Ledoux, 1996; Gallese *et al.*, 1996) evidenciam a estreita conexão entre o cérebro, o corpo e o funcionamento da mente. Em outras palavras, pode-se afirmar que as pesquisas citadas revelam as funções da mente enquanto resultado da integração da atividade cerebral com o a totalidade do corpo, considerado a nível molecular.

“A última fronteira das ciências biológicas – o seu grande último desafio – é entender as bases biológicas da consciência e os processos mentais pelos quais percebemos, agimos, aprendemos e lembramos.” <sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Hipócrates, *Sobre a Doença Sagrada*, séc. IV a.c. .

<sup>2</sup> Eric Kandel et al, 2014.

Outro conceito derivado do estudo destes pesquisadores indica que as bases fisiológicas dos processos mentais, do controle postural, das emoções, como também da transmissão interpessoal de informações sócio-afetivas (Anders, S. et al.,2010), representam uma estrutura de funcionamento complexa, que trabalha de forma integrada e relacional. Tais pesquisas exprimem alto teor de interdisciplinaridade, o que faz com que seu próprio desenvolvimento estabeleça, continuamente, novos paradigmas atuantes como mola de evolução do saber científico da contemporaneidade. Cita-se como exemplo, a afirmação de que a cognição e o comportamento humano são resultados da interação entre três unidades funcionais complexas e plásticas do cérebro, não localizáveis em áreas específicas (Luria, 1973).

A partir do final do século XX, o desenvolvimento de ferramentas tecnológicas progressivamente mais numerosas e com maior potência de especialização, tem início múltiplos processos de monitoração direta da complexa atividade química e eletromagnética do cérebro. Ulterior e decisivo progresso da pesquisa neurocientífica se dá com a conquista da produção de imagens por ressonância magnética (Peter Mansfield, 1977). O estudo que Hanna e Antônio Damasio dedicam ao *caso Phineas Gage*, formatado segundo simulação virtual de dados reais, intermediados pela computação gráfica de tomografias cerebrais, funda uma modalidade inédita de elaboração técnica da investigação neurocientífica. Na integração com o tronco cerebral e o tálamo, o córtex constrói mapas que traduzem a noção de *mente* (Damasio, 2010), noção de expressão mais filosófica e abstrata do que o cérebro, tangível em suas funções. A constante renovação de tecnologias aplicadas à pesquisa cerebral, determina o impulso de evolução que nas últimas décadas vem atraindo novos cientistas à atuação em Neurociências. O presente trabalho, compilando e ampliando dados da revisão

bibliográfica até então exemplificada – em especial modo, estudos focados nas recentes experimentações com componentes do sistema de neurônios-espelho (Rizzolatti et al, 2001) –, evidenciará modos segundo os quais a ação e postura de agentes da comunicação, influenciam as diferentes modalidades, seja de processamento cognitivo, seja de aprendizagem.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

Os recentes estudos, referidos acima, que tem por objeto o sistema dos neurônios-espelho, indicam, no evento da comunicação interpessoal, a interação de diversos componentes fisiológicos presentes e atuantes nas diferentes etapas de processamento da informação. Este trabalho justifica-se por apresentar, dentre tais pesquisas, uma compilação daquelas mais significativas e coerentes com o objetivo focalizado. Referem-se tais estudos, no próprio âmbito da relação que os mesmos intencionam ou manifestam com eventos da comunicação interpessoal, objetivados através de *relações de empatia*. Na atualidade, a práxis pedagógica em exercício na sala de aula, assim como em estúdios e oficinas – e em geral, nos locais de transmissão e prática de conhecimento e técnicas – sofre confronto com dificuldades de variada tipologia, as quais, com grande frequência, impossibilitam ou retardam todo processo dialético de ensino-aprendizagem. Sugere-se, pois, o conhecimento dos mecanismos cerebrais criadores de *empatia interpessoal*, como alívio a curto prazo aos dramas pedagógicos que bloqueiam fluidez entre maestro e discípulo.

## **1.4 OBJETIVO GERAL**

Tendo como base as pesquisas com neurônios-espelho, buscamos investigar como a empatia atua no processo ensino-aprendizagem.

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 1 - Apresentar redes e circuitos neurológicos ativados no sistema nervoso durante atividades cognitivas de aprendizagem e memória.
- 2 - Apresentar redes e circuitos neurológicos ativados no sistema nervoso durante atividades cognitivas da atenção.
- 3 - Apresentar o funcionamento e implicações da rede dos neurônios-espelho, descoberta em experiências práticas de laboratório neurocientífico, origem da compilação bibliográfica apresentada.

## **1.5 HIPÓTESE**

Nos ambientes de formação, dedicados à transmissão e prática de conhecimentos e técnicas, o sistema de neurônios-espelho e suas conexões, origem da criação de vínculos por empatia, pode promover êxito do processo pedagógico, ampliando e aprofundando a interação entre mestre e discípulo, componente fundamental à realização efetiva da aprendizagem.

## CAPÍTULO II

### 2.1. PLASTICIDADE CEREBRAL E APRENDIZAGEM

O cérebro, órgão central do sistema nervoso, responsável por reger e integrar todas as atividades do corpo (Lent, 2010), é também sede de elaboração de todo processo humano de aprendizagem. Uma das características específicas desse órgão é sua capacidade fisiológica de se modificar – neuroplasticidade – termo que, em última instância, traduz seu próprio funcionamento, do qual vemos, inclusive, resultar todo e qualquer processo de aprendizagem (Bear *et al.*, 2008). As redes neuronais modificam-se em função de experiências vividas, por intermédio de transformações nas sinapses químicas, segundo modulações que perduram períodos curtos ou longos – plasticidade sináptica –, processo este que dá origem a modificações moleculares intraneuronais (Sabbatini, R. M. E., 2000). Este estudo, tendo em vista a relação entre funções cognitiva e fisiológica do cérebro, reúne processos de aprendizagem, considerando a estrutura neurofisiológica do encéfalo, como sistema (inter)relacional de três unidades funcionais – 1ªUF/2ªUF/3ªUF –, as quais, devido a neuroplasticidade, não possuem rigorosa localização (Luria, 1973).

A neurociência contemporânea, graças ao recurso da tecnologia de ressonância magnética funcional (IRMf) oferece a possibilidade de retratar, com fidelidade, o funcionamento da estrutura neurofisiológica por meio de neuroimagens do cérebro vivo (Wild *et al.*, 2000). Seguindo a recente evolução instrumental acima referida, pode-se avaliar múltiplas operacionalizações neurofisiológicas de estímulos sensoriais, produzidos consciente ou inconscientemente (Silva Vernon, 2014). Para apresentar este mesmo processo de interação cérebro/ambiente – ou aprendizagem – vamos dividi-lo em três momentos fundamentais, apresentados adiante, que estão intimamente

associados à produção da memória: codificação, retenção (armazenamento) e evocação (Kandel, 2003).

## **2.2. REDES NEURONAIS DA MEMÓRIA E APRENDIZAGEM**

### **2.2.1. CODIFICAÇÃO**

Iniciamos abordando os caminhos sensoriais que permitem aos seres humanos “captar” as informações e qualidades do mundo externo e transmiti-las ao Sistema Nervoso Central (SNC). Tal processamento, ocorre em vários níveis de integração mas, certamente, a integração sensório-motora cortical é fundamental para os mecanismos perceptuais (Ayres, 1972). Durante este processo estímulos externos do ambiente, colhidos por vias sensoriais, são codificados em arquivos icônicos (visuais) e ecoicos (auditivos) em uma memória-sensorial (Bear et al, 2008). Enquanto arquivo geral destas codificações, tal memória sensorial é também conhecida como memória ultrarrápida, que funciona sem atingir o nível de consciência, por ativar somente os limites da primeira Unidade Funcional (UF), constituída por medula, tronco cerebral, cerebelo, sistema límbico e tálamo (Luria, 1973), componentes que funcionam – todos e por definição – em nível de pré consciência. Este primeiro estágio de elaboração cerebral de informações sensoriais, opera com capacidade de processamento – seja por velocidade, seja por volume – duas ou três vezes maior que o estágio subsequente, a consolidação, que veremos a seguir. A memória ultra rápida, sendo pré consciente, desaparece em poucos segundos, por *decaimento*, e não por *esquecimento*, como veremos acontecer na fase sucessiva de consolidação. Este processo de codificação se divide em dois momentos: aquisição e consolidação. A aquisição dura e 1 a 5 décimos de segundo, a saber, desde o instante em que a informação é captada pelo Sistema Nervoso Periférico

(SNP) até alcançar a 1ª unidade funcional (UF), para o registro e análise das informações em específicos arquivos sensoriais (Kandel, E. R., 2006).

Logo a seguir, inicia-se a consolidação, momento de primordial importância para os processos de aprendizagem, pois o reconhecimento de padrões da memória sensorial cria uma representação da informação que poderá, através do tempo, percorrer outros estágios de operacionalização neurofisiológica, em suas fases subsequentes (Mechner F., 2008). Associados a esta fase, encontram-se os seguintes processos de regulação: dos estados de alerta e de vigília, do tônus muscular, dos estados emocionais e motivacionais, como também da filtragem de estímulos – *inputs* – sensoriais (Luria, 1973). Deve-se enfatizar que este processo depende de fatores neurobiológicos, genéticos e ambientais/familiares (Amunts *et al.*, 1997) e que, graças à plasticidade cerebral e mesmo em idade adulta, haverá redistribuição de funções sensório-motoras de acordo com treinamento e/ou acontecimento de fortes experiências emocionais (Lent, 2008). Embora a macroestrutura do encéfalo seja relativamente constante, sua complexa microestrutura pode ser modelada em modo significativo, por ação do ambiente, desde a vida intrauterina, até ulteriores fases de desenvolvimento do indivíduo e, assim, durante toda a sua vida (Jacobs et al, 1993).

### **2.2.2. RETENÇÃO (ARMAZENAMENTO)**

Após avaliação no tálamo, a informação é encaminhada para a 2ª UF, ou seja, para os córtices, parietal, occipital ou temporal (Luria, 1973), de acordo com a natureza da informação sensorial (auditiva, visual, tátil, proprioceptiva ou olfativa). Em tal modo, entram em função complexas atividades sinápticas nas conexões córtico corticais e córtico subcorticais, bem como nas vias de associação inter segmentar e inter



hemisféricas, em processamento paralelo (Da Costa, 2007). O córtex cerebral e o tálamo encontram-se interconectados em uma extensa via de projeções excitatórias (conexões córtico-subcorticais) que mantém a reverberação autossustentada associada aos processos sensoriais, cognitivos, emocionais e motores. Tal reverberação é fundamental para a geração e persistência do processo cognitivo. Entende-se por reverberação a auto manutenção de uma atividade em um circuito neuronal após um estímulo transitório (Lau & Bi, 2005). Êxito do processo descrito será a produção de memórias de curto prazo – com duração de minutos ou horas – memória que são destinadas à construção da sensação de continuidade do presente.

A 2ª UF é dividida em duas áreas corticais: área de projeção e área de associação. O estado de *presente contínuo* é processado na área de projeção primária, onde a conexão com o externo é registrada, mas não interpretada (Kandel, E. R., 2006). O processamento da informação, assim como a produção de respostas, acontecem na área de associação secundária, enquanto na área de associação terciária, se dá o processamento da noção de esquema corporal, do espaço, do tempo, do cálculo e da linguagem. A informação – ou melhor, memória de curto prazo – à qual nos referimos, se torna *aprendizado* ao ocorrer repetição de algum desses processamentos nestas áreas corticais. Além disto, através da reverberação, outros processos neurobiológicos e neuropsicológicos da memória podem também ser convocados (Lau & Bi, 2005). A tal ponto, entra em ação outro componente modulador dos processos de aprendizagem que é a atenção, componente este que será objeto de descrição detalhada mais adiante, no desenvolvimento deste estudo. Interessa-nos observar agora que a retenção de novas informações está associada a um conjunto de comportamentos nos domínios cognitivo, psicomotor e afetivo. Ao desencadear-se de tais comportamentos, memórias são

reprocessadas – em outras áreas corticais – dando início em tal modo a nova fase do aprendizado (Frey & Morris, 1997).

### **2.2.3. EVOCAÇÃO (RECUPERAÇÃO)**

Após o estágio acima descrito, as informações chegam à 3ª UF – área cortical de *sobreposição* que abrange as áreas pré-frontais e frontais – para efetivarem o aprendizado, sendo reprocessadas como catalogação, armazenamento e diferenciação das memórias de longo prazo (Luria, 1973). Observa-se grande atividade no córtex dorsolateral pré-frontal, área metacognitiva (planejamento e organização), assim como no córtex orbitofrontal, área motivacional e emocional (Schwartz, J. H., *et al.*, 2014). Nesse momento acontecem determinadas alterações bioquímicas nos receptores neuronais, nos quais produzem-se em tal modo arquivos, engramas ou traços de memória, enviados para o hipocampo para consolidação (Morris, 2006). Se houver reforço sináptico, essas memórias podem durar a vida toda, senão caem no esquecimento. Quando o impulso nervoso, ao passar pelo neurônio, é intensificado (por repetição ou carga afetiva), ele penetra no núcleo celular e estimula a expressão dos genes que catalisam proteínas de fortalecimento sináptico. Este sinal, recebido pela célula, a induz a transformar memórias em algo permanente. Progressivamente, originam-se novas conexões que conduzem à produção de uma memória estável (Kandel & Squire, 2003).

Memórias de longo prazo são classificadas de acordo com sua *natureza*, estando todas associadas a algum tipo de aprendizado. A memória chamada *explícita ou declarativa* é evocada através da palavra, sendo processada no lobo temporal ou no diencéfalo (Babb, 1997). Tal memória pode ser *episódica* – quando se refere: seja a

experiências pessoais específicas, seja a fatos ocorridos em um tempo determinado – ou *semântica*, quando se refere a diferentes tipos de conceito atemporal, como por ex.: os da matemática, os de conteúdo cultural, os de conhecimento objetivo do mundo externo e por último, os de linguagem (Baddeley *et al.*, 2010). Aos fins deste estudo, a *memória implícita* adquire especial interesse, por se relacionar diretamente a processos de aprendizagem. Tal memória pode ser distinta em 3 tipologias, todas elas processadas no corpo estriado (Schwartz *et al.*, 2014): (1) memória implícita de procedimento, relativa à contração de hábitos; (2) memória implícita ao desenvolvimento de habilidades (escrever, dirigir, tocar um instrumento musical, etc.); ou (3) memória implícita à aprendizagem de um comportamento (educação). Ulteriormente, cita-se a memória implícita *associativa*, relativa à metodologia por condicionamento – seja este clássico ou operante –, que são processadas no cerebelo e na amígdala (Bear *et al.*, 2008). Existem ainda, a memória implícita *não associativa*, relacionada com processos de aprendizagem conhecidos como habituação e sensibilização, por sua vez, processada por vias reflexas (Hawkins, *et al.*, 2006) e a *memória operacional*, relacionada com a funcionalidade executiva, que integra memórias ultrarrápidas com memórias de longo prazo, abarcando componentes de todas as unidades funcionais (UF): córtex parieto-occipital dorsal, lobo parietal inferior, giro supramarginal (área 40) e regiões do córtex pré-frontal (Bliss & Collingridge, 1993).

### **2.3. REDES NEURONAIS DA ATENÇÃO**

Estudos com imagens por Ressonância Magnética Funcional (IRMf) foram utilizados para medir a velocidade com a qual certos componentes neurofisiológicos processam informações (Fogassi & Ferrari, 2007; Iacoboni, 2009; Freedberg & Gallese,

2007), a fim de compreender o processo de memorização e aprendizagem, suas possíveis variações e seus moduladores (Gallese, 2005). A atenção, habilidade recorrente no comportamento humano, revelou-se de extrema importância na ativação de algumas áreas encefálicas primordiais para a produção de memórias (Gallese *et al.*, 1996).

“Todos sabemos o que é a atenção. É tomar posse da mente, de forma clara e vívida, de um dos que parecem ser vários objetos ou linhas de raciocínio simultaneamente possíveis. A essência da consciência é a focalização e a concentração. Isto implica um retraimento de algumas coisas para lidar de maneira efetiva com outras” William James (1890).

As neuro imagens acima referidas, apresentando-se de forma mais nítida, evidenciam intensificação do processamento de informação no *circuito tálamo-cortical* – áreas do córtex pré-frontal, do giro cingulado anterior, áreas motoras suplementares e do tálamo – devido a produção de maior número de conexões sinápticas, especialmente quando há formação do foco atencional (Gallese, 2003). Alguns experimentos revelaram aumento na detecção e no tempo de reação à informação sensorio motora, quando há localização espacial (Van Heijnsbergen *et al.*, 2007; Schippers *et al.*, 2009). Certas áreas do córtex demonstram aumento de atividade ao perceberem aspectos sob os quais se apresentam os estímulos sensoriais; por exemplo, enquanto o córtex occipital ventromedial é afetado pela atenção durante tarefas de discriminação de cores e formas, o mesmo não acontece durante tarefas de discriminação de velocidade. Ao mesmo modo, certas áreas do córtex parietal são influenciadas pela atenção durante tarefas de movimento, mas não durante outras tarefas (Shmuelof & Zohary, 2006)

A partir destes experimentos, conclui-se que determinadas características da atenção, como auto controle voluntário, seletividade/focalização e limite da capacidade de processamento, influenciam a atividade cerebral e variam – em sua presença, atuação

e intensidade – dependendo da natureza da tarefa comportamental (Sperber, 2011). Vamos descrever modalidades de comportamento atencional, circunscrevendo-o segundo suas relações com três circuitos cerebrais, responsáveis pelo controle do processo de atenção (Valenstein *et al.*, 1969): 1) Seleção de alvo e resolução de conflito: modalidades que envolvem elementos da fase de *codificação* da memória (item 2.2.1) e, por conseguinte, do aprendizado; além de certos receptores sensoriais que identificam natureza e conteúdo dos estímulos; e, por último, determinados elementos da fase *retenção* (item 2.2.2). 2) Alerta/manutenção da atenção: modalidade ativada quando a atenção deve ser mantida – na ausência de novos estímulos externos salientes –, e que envolve, seja o hemisfério direito (principalmente o córtex pré-frontal), seja o sistema da norepinefrina, integrando alguns elementos da fase *codificação* com a de *retenção*. 3) Orientação e atenção espacial.: modalidade na qual – ao tratar-se de controle atencional orientado por estímulos visuais – é ativado o córtex parietal posterior, os colículos superiores e, em especial modo, o núcleo pulvinar do tálamo que faz conexões recíprocas com áreas corticais visuais – nos lobos occipital, temporal, parietal e frontal – sendo ademais o operador mais provável da reorientação da atenção (Jacobs, et al., 1993).

Como vemos o processo cognitivo da atenção é uma capacidade multidimensional, por conectar-se com memória, aprendizagem e outros aspectos da cognição (Haynes & Rees, 2007). Trata-se de um “mecanismo encoberto”, devido a sua intrínseca capacidade de operar sem requerer – intencionalmente – a participação do sistema sensorial (Fan *et al.*, 2011). Por ser um fator de potencialização das habilidades cognitivas e pelos benefícios que oferece ao indivíduo, vários estudiosos, considerando a atenção como uma capacidade fixa, formularam diferentes teorias: Welford (1952); Broadbent (1958); Deutsch e Deutsch (1963); Keele’s (1973). Uma quinta *teoria da*

*atenção* foi proposta por Kahneman (1973), a partir da consideração da neuroplasticidade, que admite, portanto, diferenciação do nível de atenção, segundo três modulações, a saber, (1) segundo a atividade ou tarefa neuro cognitiva; (2) segundo as condições do indivíduo; (3) segundo o contexto do indivíduo. Este trabalho, ao dar corpo a uma específica compilação de pesquisas neurocientíficas, adota esta quinta *teoria da atenção* como uma das referências estruturais que servirão a corroborar a proposta aqui elaborada.

#### **2.4. REDE DOS NEURÔNIOS-ESPELHO**

O sistema de neurônios-espelho coordena e integra vários modos possíveis de perceber outros indivíduos, servindo-se de percepções – auditivas, visuais e do movimento/expressão corporal e facial – que são replicadas no cérebro do observador, que as recebe como simulação interior da ação ou expressão observadas (Van der Gaag et al., 2007). Esses neurônios foram descobertos em 1994, na *Università di Parma - Italia*, pelos neurocientistas Giacomo Rizzolatti, Leonardo Fogassi e Vittorio Gallese, em modo ocasional, quando um dos pesquisadores, ao entrar no laboratório, fez um certo gesto dentro do campo de visão de um macaco *Rhesus*, sob exame neurofisiológico. Era um gesto de alcançar uvas para comê-las, similar ao que o macaco fazia durante algumas tarefas. Observaram que a mesma rede neuronal ativava-se, seja quando o macaco executava ações com suas próprias mãos, seja quando observava meramente, outros indivíduos (macacos ou humanos) executar ações semelhantes. (Gallese, Eagle & Migone, 2007). Com o avanço da pesquisa, descobriu-se que a atividade cerebral também estava envolvida com a intenção inerente à ação, ao constatar-se variação do *disparo neuronal*, em função do contexto de experiência (Gallese et al, 2007; Gallese, 2005). A imitação virtual dos *neurônios espelho* pode representar uma das mais primárias formas originais da intersubjetividade, a partir do qual “eu” e “outro” são esculpidos (Gallese, 2003b; Iacoboni, 1999). Este é de fato, o núcleo do complexo sistema que, em última análise permite inferir intenções sobre a

ação do outro (Decety & Ickes, 2009; Fogassi & Ferrari, 2007; Freedberg & Gallese, 2007).

A capacidade que tem a mente de perceber e responder – uns aos outros – dentro de um contexto de comunicação coerente, é uma parte essencial do ser humano e pode estar associada à operação mental envolvida, em modo subliminar, na atividade dos neurônios-espelho, a *empatia*. Compreender "outra mente" ou "mente do outro", constitui domínio especial da faculdade cognitiva, cujas componentes e etapas de aquisição, desde a primeira infância, foram demonstrados no desenvolvimento de estudos da cognição (Chodorow, 1991; Stern, 1995; Austin, 1999; Bloom, 2006). A pesquisa realizada com o recurso da imagem cerebral também tende a indicar a possibilidade de um envolvimento de muitas áreas nesta função (Anders *et al.*, 2010; Schippers *et al.*, 2009). Estas pesquisas detectaram os neurônios-espelho no córtex frontal, parietal posterior, inferior rostral, bem como na amígdala, na insula, e no córtex pré-frontal (Iacoboni *et al.*, 2005). Da insula, eles enviam sinais para o sistema límbico, responsável por integrar informações sobre o *sentimento* da emoção observada, como também, por integrar – no córtex orbitofrontal do hemisfério direito – sensações corporais, emoções e imagens mentais, as quais, por sua vez, constituem a base para a comunicação de estados internos de uma a outra pessoa e com o desenvolvimento de uma possível compreensão da mente do outro (Hart, 2008).

Alguns estudos indicam que existem neurônios-espelho cuja função supera a mera codificação do objetivo de um ato motor e contribuem para fornecer ao observador mais detalhes sobre o ato observado (Rizzolatti *et al.*, 2001; Gallese, *et al.*, 2007; Iacoboni, 2009). Esta propriedade é um resultado provável das reverberações de conexões entre córtex motor e posterior das áreas visuais, apoiado por conexões recíprocas entre córtex anterior e posterior, o que possibilita o verificar-se de um mecanismo de interação entre representações motoras e sensoriais. São respostas que variam com o *input* e, no estudo comparativo com o *output*, pesquisadores concluíram que noventa por cento dos neurônios-espelho são congruentes – em termos de meta – ao executarem a ação motora observada (Gallese *et al.*, 1996; Wicker *et al.*, 2003). Somente integrando um vasto número de informações pode-se obter este resultado,

donde se conclui ao destaque obtido pela descoberta dessa rede neuronal, no processamento de diversas e ulteriores operações cognitivas, como por exemplo, nos processos de aprendizagem social que ocorrem durante o desenvolvimento da linguagem (Stern, Y., 2009).

## CAPÍTULO III

### 3.1. CONCLUSÃO

Existe um processo incessante de troca de experiências, através do qual o corpo interage com os vários aspectos do ambiente. Decorrente disto, o que chamamos de corpo e mente não são senão aspectos abstratos do fluxo contínuo que intercorre entre organismo e ambiente, uma vez que a própria noção de organismo envolve – por si só e em modo inseparável – aquelas de corpo e mente. Quanto acima afirmado é verificável por meio da constatação de que certos problemas funcionais do corpo podem comprometer sua habilidade à experimentação, afetando, em modo geral, os processos cognitivos, imaginativos e conceituais. Como descrito no Capítulo II, tais funções cognitivas possuem elo de dependência em relação à captação de estímulos sensório motores. A interação citada, entre organismo e ambiente, é o estímulo que serve para ativá-las, por um lado, e por outro lado, serve também para fazer surgir *novas funções cognitivas*, através da rearticulação, do desenvolvimento e da sofisticação de funções já existentes. Sede de tais funções é o cérebro, estrutura física, concreta e material que, ademais, as regula, assim como – graças a sua neuroplasticidade – regula também, em forma sistêmica, todas as outras atividades do organismo humano, promovendo complexas *auto adaptações*. Dito de outra forma, o indivíduo, que nasce dotado de uma rede básica de reflexos rudimentares e primitivos, seguindo o curso evolutivo de suas



*interações* com o meio circundante, desenvolve atividades progressivamente mais elaboradas.

No campo da cognição, a emergência do novo refere-se a *possibilidades conectivas* de padrões preexistentes, que são essencialmente *novas*. No encéfalo, qualidades e sentimentos apreendidos no cotidiano, são consolidados e traduzidos em sentido/conhecimento, fundando a *conexão entre vida e movimento*; sendo este último, a origem mesma do conhecimento/sentido. Isto vale tanto para o movimento do corpo quanto para objetos moventes do entorno. Considerado segundo tal estatuto, *movimento* torna-se um dos principais modos com os quais apreendemos o significado das coisas. Convém notar que se trata de um significado que é, ao mesmo tempo, corporal e social, conservando sempre seu valor *relacional*, visto que não existe senão enquanto interação comunicativa. O que equivale dizer que o significado das coisas existe somente em comunhão com a comunicação. O conjunto de redes neurais regulam o funcionamento do sistema sensorio motor e, ao mesmo modo, dos estados emocionais, enquanto coordenam níveis de excitação e descanso, de equilíbrio dos neurotransmissores e de focos da atenção. As interconexões neurais penetram todas as partes do cérebro, coligando-se – em todo o corpo – a processos bioquímicos, que regulam seja os níveis hormonais, seja o sistema imunológico. Hipotiza-se portanto, que a consciência de movimentos que enfatizam a propriocepção e que incentivam o foco interno no corpo e na percepção sensorial, podem ter efeitos benéficos sobre esses sistemas de regulação neurofisiológicos.

Incluir exercícios ou práticas de sensibilização sensorial na metodologia do professor estimula a regulação fisiológica do sistema nervoso. Da mesma maneira, atividades que envolvem a consciência corporal podem ajudar a criar uma experiência subjetiva positiva no organismo, auxiliando o aluno a sentir-se relaxado, apoiado e

seguro. Neste estado neurofisiológico, pode emergir – ancorada no sistema de neurônios-espelho – a capacidade de *empatia*. No contexto de um grupo, o emergir da empatia pode conduzir a mudanças significativas em relação à redução de experiências de isolamento emocional, como pode também aumentar a capacidade de memorização dos alunos e pode, ademais, promover relações significativas e saudáveis na vivência coletiva em sala de aula, criando um forte elo de confiança entre alunos e professor. Estas intervenções promovem sentimentos informados por certo processamento neurológico que, mesmo operando abaixo do nível de consciência, está apto a fornecer aos alunos a base emocional necessária à avaliação de suas próprias experiências, permitindo-lhes portanto, gerenciar seus níveis de excitação ou descanso, através da auto-regulação neurofisiológica intrínseca de seus próprios corpos. Tal estado de abertura ao processo de aprendizagem nos coliga ao sentido ideal de *formação*, confirmando a percepção que temos de nós mesmos e dos outros e, ao mesmo tempo, permite vislumbrar aquilo ou quem desejamos nos tornar.

## **3.2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

### **3.2.1. LIVROS**

AUSTIN, J. H. *Zen and the brain: Toward an understanding of meditation and consciousness*. Cambridge, MA: MIT Press, 1999.

AYRES, A.J. *Sensory Integration and Learning Disorders*. Los Angeles: Western Psychological Services, 1972.

BADDELEY, A.; ANDERSON, M. C.; EYSENCK, M. W. *Memória*. Porto Alegre: Artmed, 2010.

BEAR M.F.; CONNORS B.W.; PARADISO M.A. *Neurociência: desvendando o sistema nervoso*. 3ª Ed. Porto Alegre, Artmed, 2008.

- BLOOM, K. *The embodied self: Movement and psychoanalysis*. London, Karnac, 2006.
- CHODOROW, J. *Dance therapy and depth psychology: The moving imagination*. New York, London, Routledge Press, 1991.
- DA COSTA, J. *Aprendizagem: processo de aquisição do conhecimento*. 1ª Ed. Pedagogia Universitária e Aprendizagem, Porto Alegre, 2007.
- DAMASIO, A.R. *O Erro de Descartes: Emoção, Razão e o Cérebro Humano*. São Paulo, Companhia das Letras, 1996.
- DAMASIO, A. *The feeling of what happens: Body and emotion in the making of consciousness*. London, Heinemann, 1999.
- DAMASIO, A. *O Livro da Consciência A Construção do Cérebro Consciente*, Círculo e leitores e Temas e Debates, 2010.
- DECETY, J.; ICKES, W. *The social neuroscience of empathy*. Cambridge, MA MIT Press, 2009.
- ECCLES, JOHN C. *The ionic mechanism of postsynaptic inhibition*. *Nobel lecture*. In *Aust. J.*, 1964.
- ECCLES, J.C. *The Physiology of Synapses*. Berlin, *Springer*, 1964b.
- FINGER, S. *Minds Behind the Brain: A history of the pioneers and their discoveries*. Print publication date, 2005.
- FRANKLIN, B. *Experiments and Observations on Electricity*. Philadelphia, 1751.
- GOLGI, C. *Sulla fina anatomia degli organi centrali del sistema nervoso*. Tip. di Stefano Calderini e figlio, 1884.
- HART, S. *Brain, attachment, personality: An introduction to neuro-affective development*. London, Karnac, 2008.
- KANDEL, E.R.; SQUIRE, L.R. *Memória – Da Mente Às Moléculas*. Artmed, 2003.
- LEDOUX, J.E. *The Emotional Brain: The Mysterious Underpinnings of Emotional Life*. Touchstone, New York, 1996.
- LENT, R. *Neurociência da Mente e do Comportamento*. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2008.
- LENT, R. *Cem bilhões de Neurônio. Conceitos Fundamentais de Neurociência*. 2ª Ed. São Paulo, Atheneu, 2010.

LOEWI, O. From the Workshop of Discoveries. Lawrence, University of Kansas Press, 1953.

LURIA, A. R. Fundamentos de Neuropsicologia. RJ, Livros Técnicos e Científicos; SP, EDUSP:1981, tradução de Ricardo Juarez Aranha da edição da Penguin Books, Middlesex, 1973.

MANSFIELD, P. Multi-planar image formation using NMR spin echoes. *J Phys C: Solid State*: 1977.

OTTO LOEWI, O & HENRY DALE. The Discoverers of Neurotransmitters (Chapter 16). In: Finger, S. Minds Behind the Brains. A History of the Pioneers and Their Discoveries. London: Oxford University Press, p. 259-279, 2000.

PANKSEPP, J. Affective neuroscience: The foundations of human and animal emotions. New York, Oxford University Press, 1998.

PERT, C. Molecules of emotion. New York: Simon & Schuster, 1997.

PORGES, S. W. Stress and parasympathetic control. In L. R. Squire (Ed.), Encyclopedia of neuroscience (Vol. 9, pp. 463–469). Oxford, Academic Press, 2009.

RYLE, G. The Concept of Mind. This edition published by Routledge: 2009. First published by Hutchinson, 1949.

SCHWARTZ, J. H.; JESSELL, T.M.; KANDEL, E.R. Princípios da Neurociência. Manole, 5ªEd., 2014.

SHERRINGTON, C. The integrative action of the nervous system. New Haven: Yale University Press, 1906.

STERN, D. N. The motherhood constellation: A unified view of parent-infants psychotherapy. New York:Basic Books, 1995.

VIGOTSKII, L.S.; LURIA, A.R.; LEONTIEV, A.N. Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem. SP, Ícone/EDUSP, 1988.

### 3.2.2.ARTIGOS

ALTMAN, J. Autoradiographic and histological studies of postnatal neurogenesis. IV. Cell proliferation and migration in the anterior forebrain, with special reference to persisting neurogenesis in the olfactory bulb. Journal of Comparative Neurology, vol. 137, no. 4, p. 433-457, 1969.

AMUNTS, K., ET AL. Motor cortex and hand motor skills: Structural compliance in the human brain. *Human Brain Mapping*, 5(3): p. 206-215, 1997.

- ANDERS, S., ET AL. Flow of affective information between communicating brains. *NeuroImage*: 2010.
- BABB, T.L., Axonal growth and neosynapse genesis in human and experimental hippocampo epilepsy . in *Adv neurol.* p. 45-46, 1997.
- FAN, Y. ET AL. *Neuroscience and Biobehavioral. Reviews* 35, p.903– 911, 2011.
- FOGASSI, L.; FERRARI, P. F. Mirror neurons and the evolution of embodied language. *Current Directions in Psychological Science*, 16, p.136–141, 2007.
- FREEDBERG, D.; GALLESE, V. Motion, emotion and empathy in esthetic experience. *Trends in Cognitive Sciences*, 11(5), p.197–203, 2007.
- FREY J. U. & MORRIS R. G. M. Synaptic tagging and long-term potentiation. *Nature*, 385: p. 533-536, 1997.
- GALLESE, V.; FADIGA, L., FOGASSI, L., RIZZOLATTI, G. Action recognition in the premotor cortex. *Brain* 119 (Pt 2), p. 593–609, 1996.
- GALLESE, V. The manifold nature of interpersonal relations: the quest for a common mechanism. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 358 (1431), p. 517–528, 2003.
- GALLESE, V. The roots of empathy: The shared manifold hypothesis and the neural basis of intersubjectivity. *Psychopathology*, 36, p.171–180, 2003b.
- GALLESE, V. Embodied simulation: From neurons to phenomenal experience. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 4(1), p. 23–48, 2005.
- GALLESE, V.; EAGLE, M. N.; MIGONE, P. Intentional attunement: Mirror neurons and the neural underpinnings of interpersonal relations. *Journal of the American Psychoanalytic Association*, 55, p. 131–176, 2007.
- HAYNES, J.D., REES, G. Decoding mental states from brain activity in humans. *Nat. Rev. Neuroscience.* 7 (7), p. 523–534, 2006.
- HAWKINS, R.D.; KANDEL, E.C.; BAILEY, C.H. Molecular Mechanisms of Memory Storage in *Aplysia*, *Biol. Bull.* 210: 174 –191, June 2006.
- IACOBONI, M. Imitation, empathy, and mirror neurons. *Annu. Rev. Psychol.* 60, p. 653–670: 2009.
- IACOBONI, M.; WOODS, R.P.; BRASS, M.; BEKKERING, H.; MAZZIOTTA, J.C.; RIZZOLATTI, G. Cortical mechanisms of human imitation. *Science* 286 (5449), p. 2526–2528, 1999.

IACOBONI, M.; MOLNAR-SZAKACS, I.; GALLESE, V.; BUCCINO, G.; MAZZIOTTA, J. C.; ET AL. Grasping the intentions of others with one's own mirror neuron system. *PLoS Biology*, 3(3), e79, 2005.

JACOBS, B.; M. SCHALL & A.B. SCHEIBEL, A quantitative dendritic analysis of Wernicke's area in humans. II. Gender, hemispheric, and environmental factors. *J Comp Neurol*, 327(1): p. 97-111, 1993.

KANDEL, E. R. *In Search of Memory: The Emergence of a New Science of Mind*. American Journal of Hypnosis. New York: W. W. Norton, 2006.

LAU, P.M.; & G.Q. BI, Synaptic mechanisms of persistent reverberatory activity in neuronal networks. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 102(29): p. 10333-8, 2005.

MECHNER, F. An Invitation to Behavior Analysts: Review of *In Search of Memory: The Emergence of a New Science of Mind*. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior* By Eric R. Kandel, Vol.90, Issue 2, pages 235–248, September 2008.

MORRIS, R.G.M. Elements of a neurobiological theory of hippocampal function: the role of synaptic- plasticity, synaptic tagging and schemas. The EJM Award Lecture. *European Journal of Neuroscience*, 2006.

HAYNES, J.D., REES, J. The power of the word may reside in the power of affect. *Integrative Psychological and Science*, 42(1), p. 47–55, 2007.

RIZZOLATTI, G.; FOGASSI, L.; GALLESE, V. Neurophysiological Mechanisms Underlying the Understanding and Imitation of Actions. *Nature Reviews/Neuroscience* Macmillan Magazine Ltd, vol 2, p. 661-670, September 2001.

RIZZOLATTI, G. & CRAIGHERO, L. *Mirror Neuron: a Neurological Approach to Empathy*. ARTIGOS Changeux et al, *Neurobiology of Human Values* © Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2005.

RYLE, G. Review of Marvin Farber "The Foundations of Phenomenology". *Philosophy*, 21, p. 263-269, 1946.

SABBATINI, R. M. E. Neurônios e Sinapses: A História de Sua Descoberta. *Revista Cérebro & Mente*. Disponível em: [http://www.cerebromente.org.br/n17/history/neurons5\\_p.htm](http://www.cerebromente.org.br/n17/history/neurons5_p.htm). Publicado em 25. Maio.2003.

SCHIPPERS, M.B.; GAZZOLA, V.; GOEBEL, R.; KEYSERS, C. Playing charades in the fMRI: are mirror and/or mentalizing areas involved in gestural communication? *PLoS ONE* 4 (8), e 6801, 2009.

SHMUELOF, L. & ZOHARY, E. A mirror representation of others' actions in the human anterior parietal cortex. *J. Neurosci.* 26 (38), 2006.

SPERBER, S. F. O Corpo do Ator (memória, ação e movimento) - e a recepção – á Luz da Teoria dos Neurônios-espelho - XII Congresso Internacional da ABRALIC *Centro, Centros – Ética, Estética* - UNICAMP, 2011.

STERN, Y. Cognitive reserve. *Neuropsychologia*, p. 47:2015–2028, 2009.

BLISS, T.V.P & COLLINGRIDGE, G.L. A Synaptic Model of Memory: long-term potentiation in the hippocampus. *Nature*, vol 361, p. 31-39, January 1993.

VALENSTEIN, E.S.; V.C. COX & J.W. KAKOLEWSKI. Hypothalamic motivational systems: fixed or plastic neural circuits? *Science*, 163(871): p. 1084, 1969.

VAN DER GAAG, C.; MINDERAA, R.B.; KEYSERS, C. Facial expressions: what the mirror neuron system can and cannot tell us. *Soc. Neurosci.* 2 (3–4), p. 179–222, 2007.

VAN HEIJNSBERGEN, C.C.; MEEREN, H.K.; GREZES, J.; DE GELDER, B. Rapid detection of fear in body expressions, *an ERP study*. *Brain Res.* 1186, p. 233–241, 2007.

VERNON, SILVA. Brain stimulation used as biofeedback training for recovery of motor functions deteriorated by stroke. *Arq. Neuro-Psiquiatr.* vol.71 no.3, São Paulo Mar, 2013.

WICKER, B.; KEYSERS, C.; PLAILLY, J.; ROYET, J.P.; GALLESE, V.; RIZZOLATTI, G. Both of us disgusted in my insula: the common neural basis of seeing and feeling disgust. *Neuron* 40 (3), p. 655–664, 2003.

WILD, B., ERB., M., LEMKE, N., SCHOLZ, P., BARTELS, M., GRODD, W. Video camera and light system for application in magnetic resonance scanners. *Magn. Reson. Imaging* 18 (7), p. 893–896, 2000.