

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA
LICENCIATURA EM DANÇA**

ALINE VILLA

**O CÉREBRO QUE DANÇA:
UMA ABORDAGEM DO SISTEMA DE NEURÔNIOS-ESPELHO EM DANÇA**

**PORTO ALEGRE
2016**

ALINE VILLA

**O CÉREBRO QUE DANÇA:
UMA ABORDAGEM DO SISTEMA DE NEURÔNIOS-ESPELHO EM DANÇA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Licenciatura em Dança da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do Grau de Licenciado em Dança.

Orientadora: Prof^ª Ms. Izabela Lucchese Gavioli

**PORTO ALEGRE
2016**

ALINE VILLA

**O CÉREBRO QUE DANÇA:
UMA ABORDAGEM DO SISTEMA DE NEURÔNIOS-ESPELHO EM DANÇA**

Conceito Final:

Porto Alegre, ____ / _____ /2016.

BANCA EXAMINADORA

Orientadora - Prof^ª Ms. Izabela Lucchese Gavioli - UFRGS

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois Ele escreveu minha história muito melhor do que eu teria feito. Onde quiseres que eu vá, eu irei, pois Tu és o dono dos meus dias.

Agradeço à minha família, meus pais Elcir e Márcia, e irmã Franciele, por todo amor, carinho, ensinamentos, suporte, cuidado, incentivo em todos os momentos da minha vida. Vocês são os meus bens mais preciosos. Amo muito vocês!

À minha família emprestada desses dois últimos anos, Fabiana e Bruna Eckhardt. Amo vocês e agradeço por cada conversa, cada conselho e por me deixar fazer parte da família de vocês.

Aos meus pastores, Gerson e Daniela Machado. Vocês são meus pais espirituais e sei que posso contar com vocês a toda hora e em qualquer lugar. Obrigada por me ensinar tanto com suas palavras e com suas vidas. Amo vocês, a Anne, a Sophia e a tia Beti.

À Jordana Duarte, por tua amizade eterna. Obrigada por me aguentar, me ensinar, me ligar mil e uma vezes, me aconselhar, enxugar minhas lágrimas e por ser uma das pessoas que mais me incentivou em toda a minha vida. Tu sempre acreditaste no que eu seria capaz. Mesmo quando eu não acreditava, tu tentavas abrir meus olhos, me encorajava e me impulsionava a seguir meus sonhos. Obrigada por tudo, Te amo amiga!

À Evenin Tanhote, por ser a minha amiga mais guerreira. Obrigada pelas conversas engraçadíssimas e por me mostrar que não sou louca, tem mais gente que pensa como eu, tu. Obrigada pelos momentos de alegria e os de tensão (UG). Temos vivido coisas muito além do que sonhávamos e sei que muito mais tem pela frente. Te amo amiga!

À Doris Gonzalez, por termos construído uma amizade tão linda e pura. Em tão pouco tempo, Deus nos uniu em muitas conversas, risadas, orações e mesmo com a distância, nada mudou e sei que não mudará. Te amo amiga! E nos vemos na Colômbia ou em São Paulo.

À igreja Batista Betel de Bento Gonçalves, por toda ajuda e por todos os ensinamentos. Cada um tem parte na pessoa que sou hoje.

Ao Ministério Efatah, pois sei que o que construímos durante aquele tempo marcou as nossas vidas para sempre. Amei nossas conversas, nossos momentos de quebrantamento, nossos ensaios cheio de risadas e também dos cheios de tensão pré-apresentação. Amei cada viagem e cada ministração. Obrigada por me proporcionarem muitas histórias. Amo cada um de vocês.

À Igreja Batista Betel de Porto Alegre, por me acolher e por fazer eu me sentir em casa. Obrigada pelo cuidado, amor, carinho e confiança. Obrigada pela oportunidade de cuidar do Ministério Espalhadores de Sementes. Vocês tem me ensinado a cada encontro, a cada ensaio e em cada conversa. Agradeço por confiar em mim e me incentivar a também acreditar em mim mesma.

Ao curso de Dança: a todos os professores pelos ensinamentos; e aos colegas e amigos que a UFRGS me deu. Alguns levarei em meu coração pra sempre. Cíntia Duarte, obrigada por essa amizade tão especial que construímos. Por ser minha amiga "Florzinha". Te agradeço por ter me ajudar nos momentos em que mais precisei e sei que pra sempre poderei contar contigo, e te digo o mesmo. Marjoe Buratto, obrigada pelas conversas divertidíssimas e por ser a minha amiga "Docinho". Obrigada minha amiga bailarina. A Rafaela Machado, pelos ensinamentos, pela oportunidade de trabalhar ao seu lado, pela confiança e por fazer acreditar em mim mesma como professora de dança.

À minha orientadora, Izabela, por toda atenção, encorajamento para a realização desse trabalho e pelos cuidados nos mínimos detalhes. Muito obrigada!

RESUMO

Com a evolução das mídias e a crescente popularização de sites e plataformas de compartilhamento, a visualização de vídeos está, cada vez mais, sendo utilizada para o aprendizado de sequências de movimentos. Diferentes abordagens sobre a capacidade de aprendizado de movimentos através da captação visual de informações vem sendo estudadas. As áreas da ciência do movimento (aprendizagem motora) e neurociência (neurônios-espelho) fornecem importante substrato para o entendimento desse campo. No que diz respeito à aprendizagem motora, salientam-se estudos de Bandura acerca da aprendizagem por demonstração e imitação de movimentos. Na área da neurociência, com estudos sobre o sistema de neurônios-espelho descobertos por Rizzolatti, descobriu-se que certas áreas corticais se ativam tanto para a observação de uma ação motora como para a execução daquela mesma ação. A presente pesquisa teve como objetivo compreender o aprendizado de movimentos através da captação visual de informações, para então compreender a visualização de vídeos de dança no auxílio de aprendizado de movimentos. Para isso, utiliza-se a metodologia de revisão narrativa de bibliografia, através de uma análise de livros impressos e/ou eletrônicos, publicações científicas, artigos, entre outros. Os principais estudos revisados indicam que um determinado padrão de movimento não precisa, a priori, ser experimentado fisicamente para ser adquirido, pois somente a observação de um modelo permite a formulação de uma representação mental da ação a ser realizada.

Palavras-chave: Dança, Aprendizagem motora, Neurônios-espelho, Imitação, Aprendizagem por vídeos.

ABSTRACT

Media evolution and the growing popularization of sites and sharing platforms are increasing the way videos are being used for the learning of sequences of movements. Different approaches to the learning ability of movements through the visual capture of information have been studied. Motion science (in motor learning field) and neuroscience (in mirror neurons field) provide important substrate for such understanding. Regarding motor learning, we highlight Bandura's studies about learning by demonstration and imitation of movements. In the area of neuroscience, with studies on the system of mirror neurons discovered by Rizzolatti, it was discovered that certain cortical areas are activated both for the observation of a motor action and for the execution of that same action. The present research aimed to understand the learning of movements through the visual capture of information, to understand the visualization of dance videos in the aid of learning movements. The methodology used was a narrative revision of bibliography, through the analysis of printed and / or electronic books, scientific publications, articles, among others. The most relevant reviewed studies indicate that a certain pattern of movement need not, *a priori*, be physically experienced to be acquired, for only the observation of a model allows the formulation of a mental representation of the action to be performed.

Keywords: Dance, Motor learning, Mirror neurons, Imitation, Video learning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação dos componentes de um neurônio.....	22
Figura 2: Representação da transmissão sináptica química.....	23
Figura 3: Vista lateral do córtex cerebral.....	24
Figura 4: Cérebro do macaco, localizando a área frontal motora F5.....	25
Figura 5: Área de Broca.....	27
Figura 6: Efeito da experiência motora na Observação de Ação.....	32

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	10
METODOLOGIA.....	12
1 APRENDIZAGEM MOTORA.....	16
1.1 Aprendizagem na dança.....	19
1.2 Aprendizagem e plasticidade neural.....	21
2 NEUROCIÊNCIA.....	23
2.1 Bases teóricas acerca do sistema nervoso.....	23
2.2 Estudos sobre Neurônios-espelho.....	27
2.2.1 Neurônios-espelho.....	27
2.2.1.1 Neurônios-espelho em humanos.....	28
2.2.2 Neurônios-espelho e imitação.....	31
2.2.3 Neurônios-espelho e a dança.....	32
3 APRENDIZAGEM ATRAVÉS DE VÍDEOS.....	36
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40
GLOSSÁRIO.....	43

INTRODUÇÃO

As mídias estão em constante transformação e evolução; com isso, o uso de recursos tecnológicos vem sendo mais frequente e até exclusivo para certas atividades. Nesse contexto, novos mecanismos vem sendo criados para utilizar-se do meio digital para o ensino. Com a popularização de sites e plataformas de compartilhamento de vídeos, o meio da dança vem ganhando novas formas de aprendizagem. O fácil acesso a vídeos de espetáculos e coreografias faz com que a utilização desse meio seja cada vez mais presente no processo do aprendizado de indivíduos. A dança, sendo uma arte que busca a expressão através de movimentos, também vem presenciando o uso cada vez maior da interatividade no ensino de movimentos. A visualização de vídeos de dança para o aprendizado de sequências de movimentos ou de coreografias inteiras já é comumente utilizada entre dançarinos em diferentes níveis de conhecimento. Muitas coreografias de videoclipe são aprendidas através da repetida visualização e execução dos movimentos.

O processo de aprendizagem motora e o comportamento cerebral ao se aprender algo é assunto de numerosos estudos na área científica internacional, porém em âmbito nacional é uma área escassa em pesquisas. Nesta oportunidade, procura-se apresentar uma gama de estudos que possam referenciar a aprendizagem por meio de vídeos, buscando-se responder à questão: como a visualização de vídeos de dança pode auxiliar no aprendizado desses movimentos?

Portanto, o objetivo deste documento não é discutir pormenorizadamente os resultados de um estudo específico, mas sim apresentar uma ideia do conjunto de trabalhos realizados sobre o assunto de aprendizado de movimentos em duas áreas de interesse: neurociência e ciência do movimento. Buscaram-se referenciais teóricos para compreender a aprendizagem em dança por meio da visualização de vídeos. Para alcançar esse objetivo foram relacionados estudos da neurociência sobre neurônios-espelho e estudos da ciência do movimento na área de aprendizagem motora, com o aprendizado de dança por meio de vídeos.

Estudos mostram que o sistema nervoso se mantém em constante atividade e modificação, e isso é o que molda nossas aprendizagens e nosso comportamento. A partir de estímulos interiores ou exteriores, são geradas respostas conforme a

necessidade do nosso organismo. Alguns estímulos visuais geram respostas com padrões de movimento, facilitando com que um novo engrama motor seja aprendido.

Assim, é possível postular-se que a utilização de demonstração em vídeo promove benefício no desempenho inicial dos aprendizes ao fornecer informações sobre o padrão de movimento; mas ressalta-se necessária a combinação das práticas para possibilitar a efetivação do aprendizado motor.

Um padrão de movimento é processado por um tipo específico de neurônios, denominados neurônios motores superiores, e executado pelos neurônios motores alfa. Os neurônios motores superiores estão localizados em áreas do córtex cerebral denominadas área motora e pré-motora; os neurônios motores alfa (motoneurônios alfa) estão localizados na medula espinhal e inerva as fibras musculares. Estes, juntamente com cerebelo e núcleos da base, são responsáveis por coordenar nosso controle motor voluntário e automático. Uma unidade motora é constituída por um motoneurônio e as fibras musculares inervadas por ele.

Ao analisarem-se movimentos voluntários já automatizados pelo indivíduo, alguns estudos realizados através de neuroimagem observaram que as mesmas áreas do cérebro são ativadas quando o bailarino está realizando alguma movimentação de dança - e portanto já possui o engrama motor - e também quando ele está apenas observando a movimentação. Essa ativação ocorre em áreas como a frontoparietal (giro frontal inferior e córtex pré-motor), principalmente na área 44, nominada área de Broca, além da parte anterior da ínsula. Essas são regiões que, nos estudos de Rizzolatti, são apresentadas como as áreas do sistema de neurônios-espelho.

O pesquisador geralmente creditado por influenciar a comunidade científica a estabelecer a localização das funções cerebrais foi o neurologista francês Paul Broca. Broca foi apresentado a um paciente que compreendia a linguagem, mas não podia falar. Após a morte do paciente, em 1861, Broca examinou cuidadosamente seu encéfalo e encontrou uma lesão no lobo frontal esquerdo. Baseado nesse caso, e em muito outros, concluiu que essa região do cérebro humano era especificamente responsável pela produção da fala. Da mesma forma, em estudos do fisiologista alemão Hermann Münk, usando ablação experimental (método em que é feita a remoção de uma parte do corpo para fins de pesquisa), apresentou-se

evidências de que o lobo occipital do cérebro estava especificamente envolvido na visão. (BEAR, M.F., CONNORS, B.W. & PARADISO, M.A, 2002).

Com isso, a busca da compreensão destes mecanismos de aprendizado, através do conhecimento do estado da arte no tema, foi o escopo deste estudo, que consiste em uma revisão bibliográfica narrativa.

METODOLOGIA

3.1 Caracterização da Investigação

Este estudo constitui uma revisão narrativa de literatura, que visou relacionar bibliografias existentes na área da dança, neurociência e ciência do movimento. A revisão narrativa de literatura constitui uma publicação ampla, apropriada para descrever e discutir o desenvolvimento de um assunto, sob prisma teórico ou contextual. Consiste em uma análise da literatura publicada em livros, artigos de revistas impressas e/ou eletrônicas, dentro da perspectiva de interpretação e análise crítica pessoal do autor. (ROTHER, 2007)

3.2 Plano de coleta de dados

Para a realização da pesquisa, adotou-se a metodologia segundo Gil (1991), seguindo os procedimentos de: identificação e localização das fontes; compilação; e análise de informações e redação final.

3.2.1 Identificação e localização das fontes

Esta etapa consistiu na busca por bibliografias levantadas a partir de buscas em livros impressos e/ou eletrônicos em catálogos de biblioteca e plataforma eletrônica E-volution. E as publicações científicas, em bases de dados (Scielo, MedLine, PubMed, LILACS, Google acadêmico, Periódico CAPES, Lume) com as palavras-chave: neurociência + dança, *neuroscience* + *dance*, neurônios-espelho, *mirror-neuron*, *mirror-neuron* + *dance*, aprendizagem motora, *motor learning*, observação de ação, *action observation*, *neuroscience* + *action observation*, neuroplasticidade. No total, foram encontrados 79 artigos e desses foram selecionados 15 cujos estudos se adequaram a pesquisa.

Utilizou-se também a busca de referências em referência.

Como método de exclusão, utilizou-se o critério de textos em duplicata, estudos referentes a patologias e palavras-chave inadequadas para a pesquisa.

3.2.2 Compilação

Essa etapa consistiu na efetiva leitura dos materiais selecionados, para a identificação de informações, estabelecimento de relações e análise da consistência dos estudos. A compilação apresenta uma determinada sequência, sendo quatro etapas de leitura: exploratória, seletiva, analítica e interpretativa.

3.2.2.1 Leitura exploratória

Nessa etapa foi realizada a leitura rápida do material bibliográfico, tendo como objetivo a verificação da relevância das obras consultada à pesquisa. A leitura foi feita a partir dos títulos, índices, resumos e conclusões das bibliografias e dos artigos científicos. Com isso, se teve uma visão global do que há na literatura sobre o tema em questão, assim como a sua utilidade para a pesquisa.

3.2.2.2 Leitura Seletiva

Após a leitura exploratória, ocorreu a seleção, onde foram determinados os materiais que seriam interessantes à pesquisa. Esta leitura foi mais aprofundada que a exploratória.

3.2.2.3 Leitura Analítica

A Leitura Analítica foi feita a partir dos textos selecionados, ordenando e resumizando as informações contidas nas fontes, de forma que elas possibilitassem a obtenção de respostas ao problema da pesquisa. Os textos em língua inglesa foram traduzidos de forma minuciosa e buscou-se um aprofundamento de alguns termos.

Nessa etapa, os textos passaram pelos seguintes procedimentos: leitura integral das bibliografias e dos artigos científicos selecionados, para que se tivesse uma visão do todo, fazendo o uso do dicionário quando necessário; identificação das ideias-chave, ou seja, seleção de palavras, frases e/ou parágrafos que sintetizavam as ideias mais significativas para o que se estava procurando; hierarquização das

ideias, que foram organizadas seguindo uma ordem de importância, separando-as, em principais e secundárias; e, sintetização das ideias, que consistiu em recompor o decomposto pela análise, eliminando o que era secundário e fixando o que era essencial para a solução do problema proposto.

3.2.2.4 Leitura Interpretativa

Essa foi a última etapa do processo de leitura das fontes bibliográficas. O objetivo foi de relacionar o que os autores afirmam em seus estudos com o problema para o qual se propõe uma solução. Procurou-se conferir significados mais amplos aos resultados obtidos com a leitura analítica, indo além dos dados, através de outros conhecimentos já obtidos. A interpretação da leitura foi feita a partir da ligação dos dados com os conhecimentos significativos, originados de pesquisas empíricas ou de teorias aprovadas.

3.2.3 Análise de informações e redação final

O material consultado suscitou análises e reflexões que levaram à redação de um texto cujo objetivo se dirigisse sempre à resposta da questão de pesquisa. O texto redigido foi depurado em sucessivas leituras buscando-se a integração das informações expostas, a fluidez da linha de pensamento e evitando a redundância de conteúdos.

1. APRENDIZAGEM MOTORA

A aprendizagem consiste na capacidade de aprender novas habilidades, mesmo sob as condições mais adversas. Ao longo de suas vidas, indivíduos aprendem e desenvolvem diferentes manifestações motoras, algumas mais básicas e funcionais do cotidiano (capacidades) e outras mais avançadas (habilidades). Para entender como isso ocorre, é importante conhecer os conceitos e os princípios de capacidade, habilidade, aprendizagem e performance motoras.

Capacidades são os elementos estáveis e duradouros que, em sua maioria, são geneticamente determinados e são a base das habilidades de uma pessoa nas mais diversas tarefas. São as características individuais que estão sujeitas a mudanças como resultado da prática. Seriam divididas entre: capacidades físicas (velocidade, agilidade, resistência, força, flexibilidade); capacidades psicomotoras (coordenação, equilíbrio, dissociação, lateralidade) e capacidades perceptivas (percepção espacial, percepção temporal, percepção espaço-temporal) (SCHMIDT & WRISBERG, 2010).

Para habilidade motora, os autores supracitados apresentam dois conceitos distintos, sendo um referente a um ato ou tarefa, e outro referente à proficiência demonstrada na execução do movimento. Na habilidade como um ato ou tarefa, cientistas do movimento têm utilizado três características de classificação: a forma como a tarefa é organizada, a importância relativa dos elementos motores e cognitivos e o nível de previsibilidade do ambiente durante a performance. Diversas classificações sugerem que as tarefas são desempenhadas fundamentalmente de forma diferenciada e são aprendidas com princípios e métodos diferentes. Também pode-se conceituar a habilidade motora em termos das características que distinguem executantes altamente habilidosos daqueles pouco habilidosos, onde é avaliada a proficiência da habilidade. Proficiência é compreendida como a capacidade de atingir algum resultado final com o máximo de certeza e mínimo dispêndio de energia ou de tempo e energia (SCHMIDT & WRISBERG, 2010).

Para diferenciar aprendizagem e performance motora, entende-se ser a performance o resultado final da habilidade, sendo observável e influenciada por alguns fatores como motivação, foco de atenção e condição física. Toda vez que habilidades motoras são trabalhadas, alcança-se um nível correspondente de

performance. Aprendizagem motora é compreendida como um processo interno, onde estão relacionados o tempo de experiência e de prática, que reflete a capacidade de um indivíduo para produzir um movimento específico. Se a performance representa tipicamente o que o sujeito faz a maior parte das vezes, isso pode indicar algo sobre seu nível de aprendizagem.

Todavia, algumas vezes, em decorrência da repetição da performance, o sujeito aprendiz experimenta melhorias do padrão de movimento sobre as quais não têm consciência. A aprendizagem, dessa forma, dá-se de maneira implícita, estando o aprendiz sujeito e perceptivo à ação de melhora motora, mas não ciente do que a provocou (SCHMIDT & WRISBERG, 2010).

A partir dos conceitos acima citados, busca-se definir alguns pontos do processo de aprendizagem de habilidade. Para isso, dentre algumas referências na área de aprendizagem motora, utiliza-se o modelo de estágios de aprendizagem de Fitts e Posner (1967), que considera que durante a aprendizagem de uma habilidade um indivíduo passa por três estágios: cognitivo, associativo e autônomo.

No estágio cognitivo, a aprendizagem inicial é caracterizada por tentativas do indivíduo de gerar uma ideia do movimento ou entender o padrão básico de coordenação. Os movimentos são considerados imprecisos, lentos, indecisos em sua ação. O aprendiz deve se engajar em situações que exijam resolução de problemas, sendo uma fase de frequente tentativa e erro. Esse estágio ilustra o primeiro contato do aprendiz de dança com os passos. O professor ensina alguns movimentos, o indivíduo identifica quais partes do corpo estão se movendo, e de que maneira se movem; o aprendiz está decodificando aquilo que está aprendendo.

Com a prática, o sujeito atinge o estágio associativo, em que seu desempenho se torna mais preciso e consistente: “ele têm uma boa ideia do padrão geral do movimento e pode começar a refinar, modificar e adaptar o plano para atingir uma demanda ambiental particular” (SCHMIDT & WRISBERG, 2010, p.35). Nessa fase, o aprendiz de dança já entendeu como o movimento é realizado, mas precisa continuar treinando para que o corpo responda com a execução mais eficiente.

Após um considerável período de prática, o aprendiz atinge o estágio final de aprendizagem. Neste momento, sua performance está automatizada e é desempenhada sem atenção focada, sendo possível ao executor detectar e corrigir

erros em seu próprio movimento, quando eles ocorrerem. O aprendiz já sabe executar o movimento, detecta momentos de falha na execução e busca treinar para corrigi-los.

Schmidt & Wrisberg (2010) informam a existência de vários estágios de processamento de informação pelos quais a informação deve passar entre *input*⁶ e *output*⁶, mas enfatizam três, sendo: identificação do estímulo; seleção da resposta; e programação da resposta.

Durante o primeiro estágio, a tarefa do executante é identificar a informação (estímulo) presente no ambiente e que está sendo captado pelo sistema sensorial, tal como visão, audição, tato, olfato e cinestesia. O indivíduo também detecta padrões de movimento, tais como a movimentação, a direção e a velocidade. Quando o processamento é finalizado e o indivíduo conseguiu alguma representação da informação ambiental, passa para o estágio seguinte, onde ele deve decidir como responder a esses estímulos. Nesse estágio, uma espécie de tradução ocorre entre o *input* sensorial e uma opção de resposta. Após a escolha da ação específica, e antes que a ação possa começar, o indivíduo deve preparar uma ação. Nesse estágio, acredita-se que ocorram vários processos, como recuperar o programa motor para a ação, preparar a musculatura para os comandos de contração que estão chegando, orientar o sistema sensorial de forma adequada e preparar o sistema postural para as dinâmicas da ação que será produzida. Quando a ação estiver pronta, ela é executada, resultando no *output* do movimento.

Um processo importante associado à execução de movimento é a memória. A prática da mesma tarefa resulta em armazenamento de alguma capacidade para a ação na memória. São identificados três sistemas distintos de memória, cada um envolvido no processamento de informação que resulta na produção do movimento. São eles: 1) armazenamento sensorial de curto prazo, que consiste no sistema de memória mais periférico, que mantém a informação que está chegando por modalidade (auditiva, visual) até que o indivíduo a identifique. Essa informação é mantida por apenas poucas centenas de milésimos de segundos; 2) memória de curto prazo, sistema de memória que permite ao indivíduo recuperar, relembrar, processar e transferir informações. Através da atenção, o indivíduo seleciona a informação que deve ser incluída nessa memória, e a informação só é mantida enquanto a atenção está direcionada. Tem duração de menos de 30 segundos; e 3)

memória de longo prazo, sistema que retém informações e experiências que a pessoa acumula ao longo de sua vida. Acredita-se que seja vasta em capacidade e ilimitada em duração. As informações são codificadas para o armazenamento, elaborando conexões com outras informações já armazenadas e podendo apresentar muitas formas, como imagens, sentimentos e representações de ação. A informação chega como resultado de um processo controlado e geralmente realizado com esforço e repetição. À medida que o aprendiz pratica recuperar, relembrar, refinar e estocar a representação, torna-se cada vez mais fácil recuperar essa representação quando for preciso. (SCHMIDT & WRISBERG, 2010)

Se considerarmos memória como capacidade de reter, recuperar, armazenar e evocar informações disponíveis (retenção de informações aprendidas), o engrama cerebral – ou traço de memória – seria o traço permanente deixado por um estímulo no tecido nervoso, seria a representação física ou a localização de uma memória.

O conjunto de comandos pré-estruturados no nível executivo, automatizadas ou não, é denominado programa motor ou engrama motor. Os engramas são as conexões neuronais que se originam de experiências vividas, os quais se fortalecem à medida que vão sendo vivenciados. Quanto mais vezes determinada ação é solicitada e executada, mais forte, esquematizada, rápida e refinada será a resposta motora. (PURVES et al, 2008; SCHMIDT & WRISBERG, 2010)

1.1 Aprendizagem na dança

“Aprendizagem observacional refere-se à tendência em seres humanos para observar o comportamento dos outros e adaptar seu próprio comportamento como resultado da experiência” (WILLIAMS et al, 1999, p. 358, tradução da autora). Segundo o autor, a aprendizagem através da observação ocorre por meio da modelagem de uma habilidade, onde é permitido às pessoas imitar as ações dos outros.

A demonstração é uma das formas de fornecer instrução previamente à execução da habilidade motora. Tem sido reconhecida como uma importante fonte de informação no processo de aquisição de habilidades motoras, por possibilitar ao aprendiz receber a informação focando em como aquela habilidade é realizada.

A aprendizagem a partir da demonstração ocorre comumente quando um aprendiz, orientado por um professor, observa a execução de uma ação motora, por

exemplo, um movimento de dança. O indivíduo então tenta capturar as informações relevantes daquela ação, e essas informações são utilizadas na execução da ação motora. O aprendiz copia o padrão de movimento modelo e faz ajustes em torno desse padrão, considerando a situação ambiental e as suas próprias restrições (WILLIAMS et al, 1999).

Esse processo ocorre por meio da imitação. Para ocorrer imitação é preciso dois indivíduos envolvidos: um observador que imita e um modelo que é imitado. Assim, tem sido definidas duas premissas: uma que enfatiza a ação do modelo (demonstração e modelação) e outra que, na interface modelo/aprendiz, enfatiza a ação do segundo (prática observacional e aprendizagem observacional) (TANI et al, 2011).

A demonstração como fator na aquisição de habilidades motoras está fundamentada na teoria do psicólogo social, Albert Bandura (2008), nomeada Teoria da Aprendizagem Social. Nela, Bandura propõe a possibilidade de ocorrer mudança de comportamento de um indivíduo mediante a observação do comportamento de outro indivíduo e de suas consequências. A partir dessa proposição, entende-se que as características cruciais de um determinado padrão de movimento, não necessariamente precisam ser experimentadas fisicamente para serem adquiridas, pois somente a observação de um modelo permite a formulação de uma representação mental da ação a ser realizada. (BANDURA, 2008),

Destacam-se dois pressupostos segundo a teoria de Bandura (2008): o primeiro diz respeito ao processamento da informação observada, que inicia com o processo de atenção seletiva. Nele determina-se o que deve ser observado e, a partir da observação, extraem-se as informações mais relevantes da ação modelada. Depois, ocorre o processo de retenção, que consiste na formulação da representação mental da ação com base nas informações extraídas.

O segundo pressuposto diz respeito à representação da ação relacionada à produção da resposta, que constitui a referência de informações que são enviadas aos músculos responsáveis pelo movimento. Após isso ocorre a produção do movimento, ou seja, a execução do ato motor hábil.

Assim, entende-se possível que o indivíduo tenha capacidade para aprender comportamentos totalmente novos a partir, apenas, da aquisição dos elementos

constituintes de uma ação observada. Dessa maneira, aceita-se a importância da imitação como forma de facilitação da aprendizagem em seres humanos.

Na dança, a demonstração é uma das formas de ensino mais utilizadas para instrução de movimentos a serem realizados. Ao ensinar um movimento, o professor pode servir-se de diversos recursos: explica a mecânica da movimentação, fornece informações biomecânicas e cinestésicas, demonstra o movimento dando informações sensoriais ao aluno, entre outros. Dessa maneira, a informação visual é recebida pelo aprendiz com clareza acerca da movimentação. O aluno, após visualizar a ação, tenta reproduzir uma versão do movimento a partir das informações retidas.

Os benefícios potenciais da aprendizagem por imitação consistem em fornecer simultaneamente uma visão geral da ação, direcionando o foco de atenção e assim, reduzindo o tempo de aprendizagem. Um grande aporte de informações pode ser aprendido em uma única exposição da ação. Para que isso ocorra, o aluno/bailarino precisa "aprender a imitar" e "usar a imitação para aprender". Necessário também que ele tenha a capacidade de desenvolver a ideia de uma determinada ação, o padrão e a sensação necessários para o movimento.

Todo aprendizado motor resulta em mudanças na atividade neural, ocorrendo por meio da capacidade denominada neuroplasticidade.

1.2 Aprendizagem e plasticidade neural

Neuroplasticidade é a capacidade de estabelecimento de novas conexões entre neurônios, resultando em novos caminhos para a informação. É graças a essa capacidade que é possível aos seres humanos adquirirem novos aprendizados, independente da fase de vida, incluindo a fase adulta e o período de envelhecimento.

De acordo com Ferrari et al (2001), o termo plasticidade foi introduzido por volta de 1930 pelo fisiologista alemão, Albrecht Bethe. Plasticidade seria a capacidade do organismo em adaptar-se às mudanças ambientais externas e internas, graças à ação de diferentes órgãos, coordenados pelo sistema nervoso central.

Ferrari et al (2001), propõem que o processo evolutivo resultou em abundância de circuitos neurais que podem ser modificados pela experiência. Assim,

a plasticidade neural é determinada por interações do organismo com o ambiente em que está inserido, sendo modificado tanto o ambiente como o próprio sistema nervoso, resultando em alterações no comportamento, na aprendizagem e nos próprios circuitos neurais. O ambiente fornece estímulos/informações que são captados por receptores sensoriais e convertidos em impulsos elétricos, que são analisados e utilizados pelo sistema nervoso central para o controle de respostas.

Cada indivíduo tem um padrão comportamental característico, resultante de sua história pessoal de reforçamento, assim como tem um sistema nervoso com características próprias, resultantes também de sua história de interação com o ambiente externo. Essas características do sistema nervoso atribuem uma individualidade neural ao indivíduo que se relaciona, conseqüentemente, com a sua individualidade comportamental. (FERRARI et al, 2001, pg 188)

Assim, de forma abrangente, plasticidade neural pode ser definida como uma mudança adaptativa na estrutura e nas funções do sistema nervoso, que ocorre em qualquer estágio, como função de interações com o ambiente interno ou externo. Com isso, é possível o ganho de novas habilidades, o desenvolvimento e o aprimoramento das já adquiridas pelo indivíduo.

2. NEUROCIÊNCIA

2.1 Bases teóricas acerca do sistema nervoso

O corpo humano é, basicamente, controlado por dois sistemas que desempenham diferentes funções. O sistema nervoso, que controla atividades de respostas rápidas (tais como contração muscular), e o sistema endócrino, que regula as funções metabólicas corporais (GUYTON & HALL, 1997; MACHADO, 2006). Este trabalho abordará especificamente o sistema nervoso, suas divisões, funções e particularidades.

O sistema nervoso (SN) apresenta duas funções fundamentais; a primeira consiste em detectar, transmitir, analisar e utilizar as informações geradas pelos estímulos sensoriais, tais como calor, luz, energia mecânica e modificações químicas do ambiente externo e interno. A segunda refere-se a organizar e coordenar (direta ou indiretamente) o funcionamento de quase todas as funções do organismo, entre as quais as funções motoras, viscerais, endócrinas e psíquicas (JUNQUEIRA & CARNEIRO, 1995).

Esse sistema está dividido anatomicamente em sistema nervoso central (SNC) e sistema nervoso periférico (SNP). O SNC localiza-se dentro do esqueleto axial (cavidade craniana e canal vertebral), basicamente consistindo de encéfalo (cérebro, cerebelo e tronco encefálico) e medula espinhal, constituindo o neuroeixo. Já o SNP, que se encontra fora desse esqueleto, é composto por nervos, gânglios e terminações nervosas (GUYTON & HALL, 1997; MACHADO, 2006).

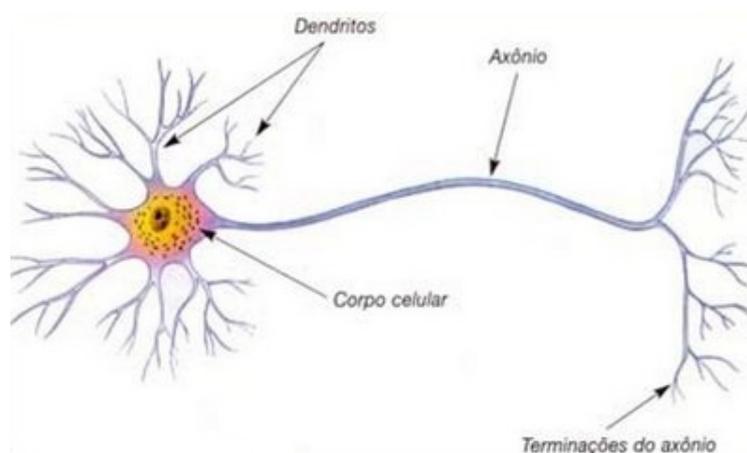
Com relação à divisão funcional, pode-se dividir o SN em: Sistema Nervoso Somático – que relaciona o organismo com o ambiente (aférente, conduz impulsos dos receptores periféricos aos centros nervosos; e eférente, leva o comando dos centros nervosos aos músculos esqueléticos); e Sistema Nervoso Visceral – que se relaciona com a inervação e controle das estruturas viscerais (aférente, conduz impulsos originados em receptores das vísceras a áreas específicas do sistema nervoso; eférente, denominado sistema nervoso vegetativo). O Sistema Nervoso Vegetativo é subdividido em simpático e parassimpático, sistemas que inervam órgãos e tecidos que se encontram sob controle involuntário (BEAR, M.F.,

CONNORS, B.W. & PARADISO, M.A, 2002; GUYTON & HALL, 1997; MACHADO, 2006).

O SN é constituído por tecido nervoso e possui dois tipos de células: os neurônios e as células da neuroglia. O neurônio é a unidade funcional básica do sistema, com a função de receber, processar e enviar informações. A neuroglia tem funções de sustentação, revestimento, defesa e regulação neuroendócrina (MACHADO, 2006; GARCIA-SEGURA, 2004, PURVES et al, 2008).

Quando observadas macroscopicamente as áreas do sistema nervoso central, são encontradas duas porções distintas no encéfalo e na medula espinhal denominadas substância cinzenta e substância branca. As duas recebem esses nomes devido a suas colorações. A substância cinzenta é constituída por células da glia e principalmente por corpos celulares dos neurônios. A substância branca não contém corpos celulares de neurônios, sendo formada por prolongamentos de neurônios e por células da glia. Apresenta grande quantidade de material esbranquiçado denominado mielina, que envolve certos prolongamentos dos neurônios (axônios) (JUNQUEIRA & CARNEIRO, 1995).

Figura 1: Representação dos componentes de um neurônio



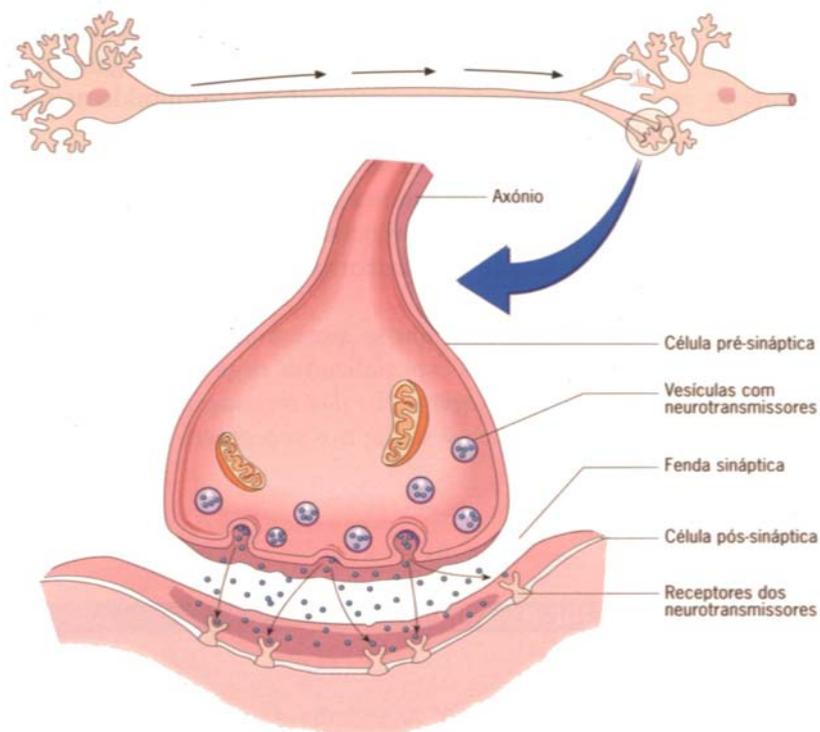
FONTE: <http://www.sogab.com.br/anatomia/sistemanervosojonas.htm>

Estima-se que o SN contenha mais de 100 bilhões de neurônios. A morfologia neuronal (Fig. N°1) é bastante complexa, mas quase todos possuem três elementos básicos: um corpo celular ou pericário – que representa o centro trófico, sendo a região que comporta o núcleo do neurônio e as suas organelas, do qual se originam prolongamentos; múltiplos dendritos – que são prolongamentos que

recebem os estímulos e os conduzem em direção aos corpos celulares; e um axônio – sendo um prolongamento que conduz e transmite impulsos nervosos a partir do corpo celular (GUYTON & HALL, 1997; JUNQUEIRA & CARNEIRO, 1995; OVALLE & NAHIRNE, 2014; PURVES et al, 2008).

As células nervosas ou neurônios são responsáveis pela recepção, transmissão e processamento de estímulos. A comunicação entre si ou com células efetoras é feita através de sinapses, que consiste na junção especializada em que um terminal axônico faz contato com outro neurônio ou tipo de célula. E é através das transmissões sinápticas que ocorrem os processos de transferência de informações. O percurso do impulso nervoso no neurônio é sempre no sentido dendrito → corpo celular → axônio (BEAR, M.F., CONNORS, B.W. & PARADISO, M.A, 2002; PURVES et al, 2008).

Figura 2: Representação da transmissão sináptica química

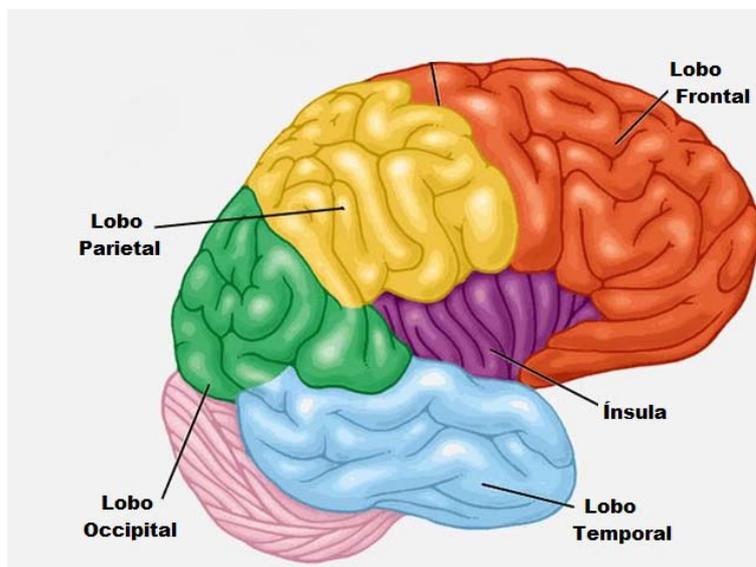


FONTE: <http://medicinaexplicada.blogspot.com.br/2014/05/sinapses.html>

As sinapses (Fig. Nº 2) podem ocorrer por meio de transmissão elétrica ou química. As sinapses elétricas, raras em mamíferos, ocorrem frequentemente entre neurônios nos estágios iniciais da embriogênese; as células nervosas se unem por

junções comunicativas, que permitem a passagem de íons de uma célula para a outra, promovendo uma conexão elétrica. Já nas sinapses químicas, presentes no sistema nervoso humano maduro, a passagem do impulso nervoso ocorre através de substâncias químicas - os neurotransmissores - que são liberados na fenda sináptica (espaço de separação entre duas células). O terminal axonal típico contém dúzias de pequenas vesículas membranosas esféricas que armazenam neurotransmissores - as vesículas sinápticas, que estão presentes na célula pré-sináptica. A membrana dendrítica relacionada com as sinapses (pós-sináptica) apresenta moléculas de proteínas especializadas na detecção dos neurotransmissores na fenda sináptica - os receptores. Então, nas sinapses químicas, a informação que percorre o axônio na forma de impulsos elétricos é convertida, no terminal axonal, em um sinal químico que passa pela fenda sináptica; e, na membrana pós-sináptica, este sinal químico é convertido novamente em sinal elétrico. (BEAR, M.F., CONNORS, B.W. & PARADISO, M.A, 2002; PURVES et al, 2008).

Figura 3: Vista lateral do córtex cerebral



FONTE:<http://legacy.owensboro.kctcs.edu/gcaplan/anat/notes/api%20notes%20central%20nervous%20system-brain.htm>

O telencéfalo, que compreende a maior porção do encéfalo, é comumente chamado de cérebro e está dividido em hemisfério direito e esquerdo. Trata-se da parte mais externa e está subdividido em quatro segmentos externos – os lobos, e um

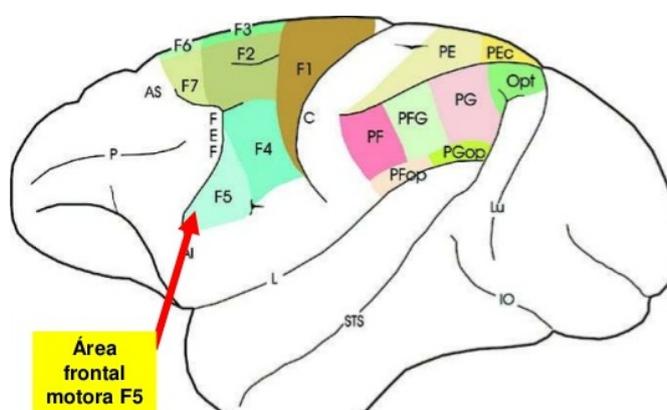
interno – a ínsula (MACHADO, 2006). De acordo com esse autor, os lobos ilustrados na *figura 3* são as principais divisões físicas do córtex cerebral. O lobo frontal é responsável pelo planejamento consciente, tomada de decisões, escrita, fala, atenção, alguns aspectos das emoções e da memória, e pelo controle motor, enquanto o lobo temporal tem centros importantes de memória, algumas emoções e audição. Já o lobo parietal lida com os sentidos corporal e espacial, além do raciocínio, como a realização de cálculos. O lobo occipital parece estar todo, direta ou indiretamente, relacionado com a visão, enquanto a ínsula, que faz parte do sistema límbico, coordena as emoções e é responsável pelo paladar (MACHADO, 2006).

2.2 Estudos sobre Neurônios-espelho

2.2.1 Neurônios-espelho

Os neurônios-espelho são neurônios com propriedades de integração sensório-motora. Foram descritos na década de 1990 pelo neurofisiologista italiano Giacomo Rizzolatti, professor na Universidade de Parma. Em pesquisas feitas inicialmente com macacos *Rhesus*, demonstrou-se que a área F5 do córtex pré-motor (Fig. 4), área responsável pelos movimentos ativos das mãos e da boca, disparava quando o macaco realizava um movimento específico e também quando o macaco observava outro indivíduo (macaco ou humano) realizando o mesmo movimento (RIZZOLATTI, G. & CRAIGHERO, L., 2004).

Figura 4: Cérebro do macaco, localizando a área frontal motora F5 - vista lateral esquerda.



Fonte: RIZZOLATTI & CRAIGHERO, 2004, pg. C-1.

Praticamente todos os neurônios-espelho mostram que as respostas das ações visualizadas são iguais às respostas das ações motoras realizadas. Estes foram subdivididos em neurônios "estritamente congruentes" e "amplamente congruentes". Os neurônios-espelho em que as ações igualmente observadas e executadas correspondem na ativação, em termos de objetivo (por exemplo, agarrar) e meios para alcançar a meta (por exemplo, aperto de precisão) foram classificados como "estritamente congruentes." Eles representam cerca de um terço dessas células no F5. Os neurônios-espelho que, a fim de serem estimulados, não requerem a observação de exatamente a mesma ação motoramente codificada foram classificados como "amplamente congruentes." Eles representam cerca de dois terços dos neurônios-espelho em F5. (RIZZOLATTI, G. & CRAIGHERO, L., 2004).

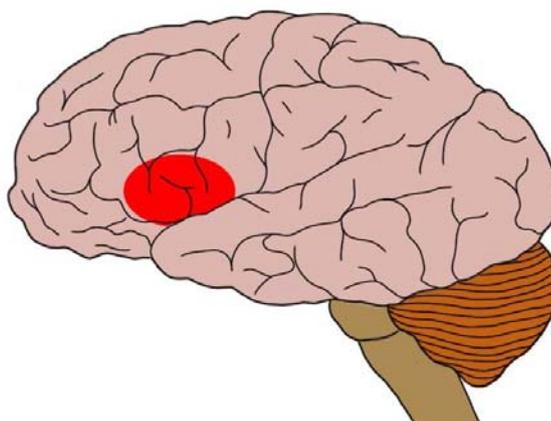
Estudos posteriores demonstraram que para tais neurônios, o determinante é o objetivo da ação, e não o modo como ela é realizada. Um mesmo neurônio dispara quando a ação de pegar um objeto é realizada ou observada, não importando se este objeto é pego com a mão esquerda, mão direita ou até mesmo com a boca (LAMEIRA ET AL., 2006). Além disso, apenas ações motoras que estão no repertório motor do observador são eficazes na ativação deste sistema (FADIGA et al, 1995)

2.2.1.1 Neurônios-espelho em humanos

No final dos anos 1990 e início dos anos 2000 foram feitos estudos para a localização e mapeamento do sistema de neurônios-espelho em humanos. Para isso, utilizaram-se técnicas de neuroimagem como a fMRI (Ressonância Magnética Funcional)⁴, o PET (Tomografia por Emissão de Pósitrons)⁷, EMTr (Estimulação Magnética Transcraniana) e SPECT (Tomografia por Emissão de Fóton Único)⁸; e também técnicas de EEG (Eletroencefalograma)¹, para medir a atividade cerebral durante as atividades. Através desses métodos, identificou-se que os neurônios-espelho estão presentes em varias outras áreas corticais. Na área frontoparietal (giro frontal inferior e córtex pré-motor), principalmente na área 44, nominada área de Broca (área relacionada com a linguagem) (Fig. 5), além da parte anterior da ínsula.

A primeira demonstração de neurônios-espelho em humanos foi fornecida por Fadiga et al (1995), através de estudos com Estimulação Magnética Transcraniana (EMTr)². Seu experimento postulava que se a observação de uma ação ativa o córtex pré-motor em humanos da mesma forma que em macacos, a EMTr deverá induzir, durante a observação de determinada ação, um aumento nos potenciais evocados motores nos músculos que são ativados quando esta ação é executada. Com isso, é sugerido que a observação de ações pode influenciar diretamente a fase final de controle de ação no córtex motor.

Figura 5: Área de Broca representada pelo círculo vermelho - vista lateral esquerda.



Fonte: <http://www.neuroscientificallychallenged.com/glossary/brocas-area/>

Os resultados desse experimento demonstraram que a excitabilidade do sistema motor aumenta quando um sujeito observa uma ação realizada por outro indivíduo. Além disso, o padrão de ativação muscular evocado por EMTr, durante a observação da ação é muito semelhante ao padrão de contração do músculo presentes durante a execução da mesma ação. Com isso, Fadiga conclui que, em humanos, há um sistema de harmonização entre observação de ação e execução.

O padrão de ativação muscular evocado por estimulação magnética transcraniana (EMTr), durante a observação da ação é muito semelhante ao padrão de contração do músculo presente durante a execução da mesma ação. Estes resultados indicam que, em seres humanos, existe um sistema neural correspondente à observação da ação e execução. (FADIGA et al., 1995, p.2609, tradução da autora)

Assim, o sistema de neurônios-espelho constitui um mecanismo que também desempenha um papel na compreensão do significado dos eventos motores.

A evidência direta de um sistema de observação/execução foi fornecida por um experimento usando técnica de fMRI. Iacoboni et al (1999) instruiu humanos voluntários a observar e imitar um movimento de dedos e realizar o mesmo movimento depois de uma sugestão espacial ou simbólica (tarefas de observação/execução). Em outra série de ensaios, os mesmos participantes foram convidados a observar os mesmos estímulos apresentados nas tarefas de observação/execução, mas sem dar qualquer resposta a eles (tarefas de observação). Os resultados mostraram que a ativação durante a imitação era significativamente mais forte do que nas outras duas tarefas de observação/execução em três áreas corticais: córtex frontal inferior esquerdo, região parietal anterior direita, e parietal direito. As duas primeiras áreas foram ativas também durante as tarefas de observação, enquanto o opérculo parietal (porção do lobo parietal que faz fronteira com o sulco lateral) tornou-se ativo durante apenas as condições de observação/execução.

Nas pesquisas com neuroimagem observaram-se predominantemente ações feitas com as mãos ou membros superiores. Porém, Buccino et al. (2004), realizou experimentos para saber se o sistema de neurônios-espelho codifica ações feitas por outros membros efetores. Para isso, instruiu que os participantes observassem ações executadas pela boca, pelos pés e também pelas mãos. Concluiu, então, que o sistema de espelho não se limita aos movimentos da mão.

Com isso, os experimentos neurofisiológicos mostram claramente que a observação da ação determina, em humanos, uma ativação de áreas corticais envolvidas no controle motor. Além disso, eles indicam que a observação de ações intransitivas (isto é, as ações não dirigidas a um objeto) pode produzir uma ativação do córtex motor.

A hipótese mais aceita sobre a função desse sistema é a representação de ações, podendo ser utilizada para compreender o significado de determinadas ações e para imitá-las. Compreender, nesse contexto, constitui a capacidade de reconhecer o que o outro indivíduo está realizando, diferenciar essa ação de outras

ações e usar esta informação para agir de forma apropriada (RIZZOLATTI; SINIGAGLIA, 2008 apud LEAL-TOLEDO, 2010).

Isso indica que a função primordial de tais neurônios é justamente a capacidade de compreender de maneira imediata a ação dos outros. A visão dos atos realizados pelos outros produz uma ativação imediata das áreas motoras responsáveis pela organização e execução desses atos e, através dessa ativação, é possível decifrar o significado dos “eventos motores” observados, isto é, entendê-los em termos de movimentos centrados em objetivos. Tal entendimento é completamente isento de qualquer mediação reflexiva, conceitual e/ou linguística, uma vez que é baseado exclusivamente no vocabulário de atos e no conhecimento motor do qual depende nossa capacidade de agir. (RIZZOLATTI, G. 2005).

Além de estarem envolvidos na compreensão e na percepção de ações motoras, em diversos outros estudos mostrou-se que os neurônios-espelho apresentam um papel crucial em outros processos cognitivos, como teoria da mente, linguagem, empatia e imitação.

Lameira et al (2006), aponta que o mais impressionante desse sistema é o fato de não depender obrigatoriamente da nossa memória.

Se alguém faz um movimento corporal complexo que nunca realizamos antes, os nossos neurônios-espelho identificam no nosso sistema corporal os mecanismos proprioceptivos e musculares correspondentes e tendemos a imitar, inconscientemente, aquilo que observamos, ouvimos ou percebemos de alguma forma. (Lameira et al 2006, pg 129)

Uma vez que as ações realizadas por outros indivíduos são representadas e entendidas como se fossem nossas próprias ações, tem sido indicado que estes neurônios também estão envolvidos no mecanismo da imitação humana (IACOBONI, 1999; BUCCINO et al., 2004).

2.2.2 Neurônios-espelho e imitação

Imitação é um comportamento avançado, entendido como a capacidade de um indivíduo de observar e replicar outro. Porém, aprimorando esse significado, entende-se ser a capacidade de replicar e também aprender habilidades através da observação de uma ação realizada por outro indivíduo (RIZZOLATTI, 2005).

Segundo Rizzolatti, a imitação é composta por dois fenômenos cognitivos estritamente relacionados. O primeiro é a capacidade de fazer sentido à ação do outro. O segundo é a capacidade, uma vez que a ação é entendida, de reproduzi-la. A compreensão de uma ação e a correspondência direta da ação observada com a representação motora dessa ação é feita pelo sistema de neurônios-espelho.

Os neurônios-espelho, de certo modo, imitam imediatamente o que outra pessoa faz. Porém, pode ser que essa imitação seja inibida por alguma outra parte do cérebro, para que não haja a reprodução involuntária dos movimentos. Imitação implica uma compreensão do que outra pessoa está fazendo, bem como a capacidade de usar esse conhecimento somente em condições particulares.

Também é importante ressaltar a capacidade de reproduzir fielmente a duração no tempo de vários movimentos observados (RIZZOLATTI; SINIGAGLIA, 2008 apud LEAL-TOLEDO, 2010). Com isso, é permitido entender que o cérebro não só imita os movimentos, mas imita-os de maneira mais fiel, respeitando a duração de cada movimento e seu ritmo.

2.2.3 Neurônios-espelho e a dança

Beatriz Calvo-Merino, neurocientista referencial na área da neurociência da dança, realizou alguns estudos sobre o sistema de neurônios-espelho. Em alguns de seus trabalhos, foram realizadas análises com bailarinos profissionais utilizando-se método por fMRI.

Em estudo de 2005, Calvo-Merino avaliou grupos de pessoas com diferentes habilidades motoras (dançarinos de balé clássico, capoeira e pessoas sem experiência em dança – grupo controle) para investigar se, através do sistema de neurônios-espelho, a observação da ação é precisamente sintonizada com o repertório motor já adquirido. Indivíduos especialistas em balé, capoeira e não especialistas assistiram vídeos de movimentos de balé e capoeira. Desta forma, ambos os grupos de indivíduos experientes viram estímulos de ação idêntica, mas só tinha experiência motora das ações em seu próprio estilo de dança. Como resultado, os indivíduos especialistas apresentaram reações mais fortes nas áreas de espelho clássicas, incluindo o córtex pré-motor, córtex parietal e sulco temporal superior, quando observaram as ações de dança que já estavam em seu repertório

motor pessoal. Os não especialistas mostraram-se insensíveis aos estímulos visuais dos vídeos de dança. Com isso, mostrou-se que a rede de áreas motoras envolvidas na preparação e execução de ação foi ativada através da observação das ações. Mas, principalmente, que a resposta do cérebro ao ver uma ação é influenciada pelas habilidades motoras já adquiridas pelo observador.

Calvo-Merino (2005) sugere que:

A observação de ação pode recrutar tais áreas de espelho na medida em que a ação observada é representada no repertório motor pessoal do sujeito, ou seja, se ele adquiriu as habilidades motoras para executar tais ações. (p.1246, tradução da autora)

Sendo assim, o sistema de neurônios-espelho não responde simplesmente à visualização cinemática do movimento do corpo, pois os movimentos de balé e capoeira escolhidos para os vídeos eram cineticamente parecidos; mas transforma essas entradas visuais segundo as capacidades específicas motoras do observador, especificando e decodificando segundo os códigos motores já nele existentes. Esse estudo abordou o ponto de vista de profissionais que já apresentavam os engramas motores para tais estilos de dança estudados. Assim, a observação de ações nos seres humanos envolve uma simulação interna do movimento observado, a partir de movimentações já antes realizadas.

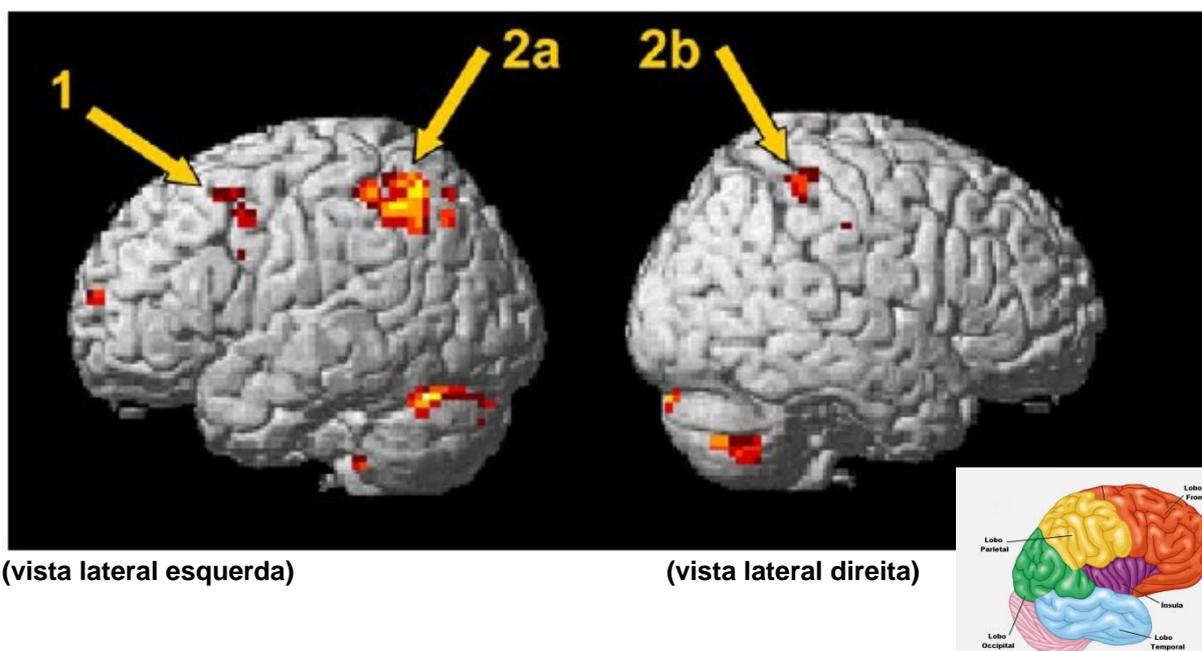
Segundo Calvo-Merino (2006), ao observar a ação de outra pessoa nos é permitido compreender o que o agente observado está fazendo. Com isso, entende-se que possuímos um mecanismo que nos capacita para tal reconhecimento. Assim, o cérebro do observador pode conter um sistema especializado para a compreensão de ações, baseado na representação dos comandos motores necessários para fazer a ação.

Ao utilizar o método de fMRI foram analisados 24 bailarinos de gênero masculino (12) e feminino (12), para revelar as bases neurais de influência motora na observação de movimentos específicos. Os bailarinos viram vídeos com movimentos de balé específicos para o gênero masculino e vídeos com movimentos de balé específicos para o gênero feminino. Enquanto todos os grupos viram os mesmos estímulos, as áreas do sistema de neurônios-espelho de seus cérebros responderam aos estímulos de maneira que dependia do conhecimento motor específico do observador.

Com esse estudo revelou-se que há maior atividade no córtex pré-motor, no córtex parietal e do cerebelo, quando dançarinos viram movimentos de seu próprio repertório motor, em comparação ao gênero oposto.

“Os bailarinos tinham maior ativação quando observavam os movimentos específicos que pudessem realizar, do que ao observar os movimentos que eles não estavam acostumados a executar” (CALVO-MERINO, 2006, pg. 1907, tradução da autora). Esses resultados mostram que observar uma ação pode ativar a representação motora correspondente. Por exemplo, o cérebro pode executar uma simulação interna do programa motor específico para o movimento observado. Assim, a área motora do cérebro simula os comandos para ações observadas.

Figura 7: Efeito da experiência motora na Observação de Ação



Esta imagem revela a ativação associada a quando o sujeito observa um movimento para o qual ele possui os esquemas motores, em comparação com os movimentos de observação para os quais ele não possui os esquemas motores.

As setas indicam atividade em áreas descritas como parte do sistema de neurônios-espelho:

(1) córtex pré-motor dorsal esquerdo, (2a) sulco intraparietal esquerdo, e (2b) sulco intraparietal direito.

FONTE: CALVO-MERINO, 2006, pg. 1907.

Os resultados também mostraram que a atividade do sistema de neurônios-espelho depende da representação motora para a ação observada, e não apenas no conhecimento visual do que é observado. Com isso, suportam o conceito de

simulação motora desse sistema em humano. Quando se observa ações de outra pessoa, várias representações mentais distintas podem estar envolvidas. O cérebro parece associar a visão de movimentos alheios ao planejamento de seus próprios movimentos. Nossa percepção visual inicia uma espécie de simulação ou duplicação interna dos atos. A ativação de simulação motora através de observação poderia ter importante aplicação na melhoria da aprendizagem de habilidades.

Por isso os neurônios-espelho foram associados a outras modalidades do comportamento humano além da imitação, como o aprendizado de novas habilidades.

As aplicações e implicações de todo esse conhecimento em aprendizagem motora e sistema nervoso constituem desafios para se entender algumas formas possíveis de se adquirir habilidade motoras. Além disso, o aprendizado por meio de vídeos (realidade virtual) também vem ganhando espaço para essa discussão.

3. APRENDIZAGEM ATRAVÉS DE VÍDEOS

A realidade virtual é um dos recursos que tem se destacado como alternativa para diferentes situações. Inicialmente utilizada especificamente para o entretenimento (*videogames*), atualmente é possível vê-la também como uma nova alternativa em usos terapêuticos. Por oferecer uma participação ativa e individualizada, motivando a aprendizagem, as habilidades perceptuais e motoras do indivíduo, diversos estudos foram realizados para analisar o seu uso em tratamentos de reabilitação, em sua maioria, com idosos. (RIBEIRO-PAPA et al, 2016)

A terapia virtual vem sendo uma alternativa de tratamento que proporciona ao indivíduo, durante o exercício, o controle do movimento, tentando imitar o padrão do ambiente virtual em tempo real. Com isso, mantém-se a atenção durante a atividade e possibilita-se ao paciente um *feedback*³ imediato, já que existe uma interação que exige respostas imediatas com ações efetivas. Essa técnica, realizada por meio de imitação de padrão de movimento modelo, faz com que o indivíduo se comprometa ao máximo, estimulando o cérebro para obter um bom desempenho (POLIDORO; CONTENÇAS, 2013).

A tecnologia pode fornecer ajuda em determinados momentos da aprendizagem de movimentos. A visualização de vídeos pode ser usada conforme as necessidades individuais do aprendiz, para melhorar a sua aprendizagem de habilidades motoras. As mídias podem ser disponibilizadas para uma diferente forma de aprendizagem do movimento; que poderá ser aprendido posteriormente à visualização do vídeo ou como forma de reforço do engrama motor já aprendido (RIBEIRO-PAPA et al, 2016).

Um levantamento da autora, conduzido em 25/08/2016, constatou que em um site popular de compartilhamento de vídeos, mais de doze milhões (12.000.000) de vídeos foram recuperados pela pesquisa do termo “dança” e mais de cento e noventa milhões (196.000.000) com o termo “*dance*”. Ao pesquisar canais com os dois termos, para “dança” surgiram mais de cento mil (101.000) e para “*dance*” mais de um milhão de canais (1.010.000); mais de cinco milhões (5.780.000) de vídeos com termo “*dance tutorial*”; três milhões (3.110.000) contendo as palavras “*dance choreography*” e mais de vinte e um milhões (21.310.000) de vídeos de coreografias (termos de busca “coreografia” e “*choreography*”).

Com essa pesquisa é possível perceber o grande crescimento de busca e compartilhamento de vídeos contendo a dança como fator de interesse. Ao se observar essa repercussão, é viável analisar que ao visualizar um vídeo, uma parcela dos movimentos observados está sendo captados pela estimulação visual, processados e ganhando significado no repertório motor do observador. No momento da observação do vídeo, os neurônios-espelho do observador estão sendo ativados como se ele estivesse realizando o movimento, se esse já pertence ao seu repertório motor. Caso contrário, estão sendo captadas características que depois serão colocadas em prática na realização desses movimentos.

Assim, é possível postular-se que a utilização de demonstração em vídeo promove benefício no desempenho inicial dos aprendizes ao fornecer informações sobre o padrão de movimento. A observação pode ser combinada à prática cinética, favorecendo o engajamento cognitivo do aprendiz na estruturação do programa motor, mas ressalta-se necessária a combinação das práticas para possibilitar a efetivação do aprendizado motor.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As considerações desenvolvidas no texto e as bibliografias que as suportam indicam que as características norteadoras de um determinado padrão de movimento não precisam, necessariamente, ser experimentadas fisicamente para serem adquiridas, em uma fase inicial do aprendizado. Somente a observação de um modelo, ou padrão de movimento, permite a formulação de uma representação mental da ação a ser realizada.

O objetivo inicial do estudo consistiu em entender se a observação de vídeos de dança ajudaria no aprendizado de novas habilidades motoras. Buscava-se entender se um indivíduo com baixo repertório motor de dança (iniciante) ao assistir vídeos contendo movimentos, passos ou coreografias de dança, apresentaria algum ganho motor da habilidade pretendida. Por exemplo, se ao visualizar um vídeo contendo um passo de *ballet*, o indivíduo teria desenvolvido um “pré-movimento”, um engrama motor anterior a sua execução.

Após serem levantadas bibliografias acerca da aprendizagem motora, é possível perceber que, se o indivíduo se encontra nas duas primeiras fases de aprendizado (cognitivo e associativo), a visualização de vídeos poderia vir a contribuir na eficácia do aprendizado do movimento em questão. Isso ocorreria devido à ativação de simulação motora através da mera observação da ação. Ao se ter como objetivo o aperfeiçoamento no repertório do bailarino, quando ele assiste um professor ou um vídeo em que é realizado o movimento a ser ou que foi aprendido, essa simulação motora facilita aspectos na habilidade de dança.

Estudos de neuroimagem em humanos sobre o sistema de neurônios-espelho têm utilizado uma ampla gama de ações observadas, incluindo movimentos de diferentes partes do corpo, ações idênticas realizadas por diferentes partes do corpo, e ações simbólicas sem sentido. Em alguns desses estudos demonstra-se que é possível aprender novas habilidades motoras através da visualização do movimento. Por exemplo, quando um sujeito observa ação que envolve um determinado grupo de músculos, as repostas quando se utiliza a EMTr são facilitadas nos mesmos músculos. Ou seja, ao observar um vídeo de dança em que uma bailarina faz uma movimentação de abdução de braços, um procedimento cerebral motor semelhante é processado e um código neural é obtido pela

observação da ação para ser executado. Com isso, a visualização de vídeos poderia ser eficaz no aprendizado de novos movimentos de dança.

Já em estudos referenciando os neurônios-espelho e a dança, é demonstrado que as áreas de espelho no cérebro apenas disparam de forma significativa quando os indivíduos visualizam movimentos que já pertencem a seu repertório motor. Dessa maneira, a visualização seria utilizada para um posterior reforço de aprendizado.

Na dança, a demonstração é uma das formas de ensino mais utilizadas para instrução de movimentos a serem realizados. A partir da presente revisão, contribui-se para o entendimento de que a demonstração da ação através de vídeos é um modelo de considerável valor para o ensino em dança. O indivíduo tem capacidade para aprender comportamentos totalmente novos a partir, apenas, da aquisição dos elementos constituintes de uma ação observada.

As ciências do movimento e a neurociência ainda encontram-se em estágios iniciais de produção do conhecimento no que concerne à aprendizagem por meio da visualização de vídeos. Apontamos especificamente, como área de interesse, estudos que avaliem a utilização de vídeos no aprendizado de bailarinos iniciantes, conhecimento que seria de grande valor ao campo da docência em dança.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANDURA, A.; AZZI, R. G. & POLYDORO, S. **A evolução da teoria social cognitiva. Teoria Social Cognitiva: conceitos básicos.** Porto Alegre: Artmed, (2008). 176 pp.
- BEAR, M.F., CONNORS, B.W. & PARADISO, M.A. **Neurociências – Desvendando o Sistema Nervoso.** Porto Alegre 2ª ed, Artmed Editora, 2002
- BUCCINO G, Lui F, Canessa N, Patteri I, Lagravinese G, Benuzzi F, Porro CA, Rizzolatti G (2004) **Neural circuits involved in the recognition of actions performed by nonconspecifics: an fMRI study.** J Cogn Neurosci 16:114--126.
- CALVO-MERINO,B. GLASER, D.E. J. GRE`ZES , R.E. PASSINGHAM and P. HAGGARD. **Action Observation and Acquired Motor Skills: An fMRI Study with Expert Dancers.** Cerebral Cortex. August 2005, V 15 N 8.
- CALVO-MERINO,B, GREZES, J; PASSINGHAM, R E; HAGGARD, Patrick. **Seeing or Doing? Influence of Visual and Motor Familiarity in Action Observation.** Current Biology 16, 1905–1910, October 10, 2006. Elsevier Ltd
- FADIGA L, FOGASSI L, PAVESI G, RIZZOLATTI G (1995) **Motor facilitation during action observation: a magnetic stimulation study.** J Neurophysiol. 73: 2608-2611.
- FERRARI, Elenice A. de Moraes; TOYODA, Margarete Satie S.; FALEIROS, Luciane; CERUTTI, Suzete Maria. **Plasticidade Neural: Relações com o Comportamento e Abordagens Experimentais.** Psicologia: Teoria e Pesquisa Mai-Ago 2001, Vol. 17 n. 2, pp. 187-194.
- FITTS, P. M.; POSNER, M. I. Human performance. Belmont, CA: Brooks/Cole, 1967.
- GARCIA-SEGURA, L. M.; McARTHUR, M. M. **Minireview: role of glia in neuroendocrine function.** Endocrinology. 145(3):1082-1086. March 2004.
- GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo: Atlas, 1991.
- GUYTON, A.C.; HALL, J.E. **Tratado de Fisiologia Médica.** 9ª ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A, 1997.
- IACOBONI, M., WOODS, R. P., BRASS, M. BEKKERING, H., MAZZIOTTA, J.C., RIZZOLATTI, G. (1999). **Cortical mechanisms of human imitation.** Science, 286, 2526–8..
- JUNQUEIRA, L. C. & CARNEIRO, J. **Histologia Básica.** 8ª Edição. Rio de Janeiro, Editora Guanabara Koogan. 1995.

LAMEIRA, Allan P.; GAWRYSZEWSKI, Luiz G.; PEREIRA, Antônio Jr. **Neurônios espelhos**. Psicologia USP, 2006, 17(4), 123-133.

LEAL-TOLEDO, Gustavo (2010). **Neurônios-espelho e o representacionalismo**. Rev. Filos., Aurora, Curitiba, v. 22, n. 30, p. 179-194, jan./jun. 2010.

MACHADO, Ângelo B.M. **Neuroanatomia Funcional**. 2ª ed. São Paulo: Editora Atheneu, 2006.

OVALLE, William K. NAHIRNEY, Patrick C. **Netter Bases da Histologia** .2ª ed. Rio de Janeiro, Elsevier Editora Ltda. 2014 eBook.

POLIDORO, Áurea Carla Rodrigues; CONTENÇAS, Thaís Santos. **Treino de equilíbrio em idosos com realidade virtual**. RBM Abr 15 V 72 N 4. 2013.

PURVES, D., AUGUSTINE G. J., FRITZPRATICK, D., KATZ, L. C., LaMANTIA, S.A., McNAMARA, J. O., WILLIAMS, S.M. **Neurociencia**. 3ªed. Madrid. Editora Medica Panamericana, 2008.

RIBEIRO-PAPA DC, MASSETTI T, CROCETTA TB, MENEZES LDC, ANTUNES TPC, Bezerra IMP, Monteiro CBM. **Motor Learning Through Virtual Reality in Elderly – a Systematic Review**. MedicalExpress (São Paulo, online). 3(2):M160201. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/medical/v3n2/2318-8111-medical-03-02-20160201.pdf> Acesso em: 05/11/2016

RIZZOLATTI, G. (2005). **The mirror neuron system and imitation**. In S. Hurley & N. Chater (Eds.), Perspectives on imitation: From Neuroscience to Social Science (Vol. 1: Mechanisms of imitation and imitation in animals – Social Neuroscience). Cambridge, MA: MIT Press. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=qiW3Yc9b6GAC&oi=fnd&pg=PA55&dq=The+mirror+neuron+system+and+imitation&ots=n09Vmd1LwO&sig=7rbQC17CT32s9Yxxxnwu9tPKAI0#v=onepage&q=The%20mirror%20neuron%20system%20and%20imitation&f=false> Acesso em: 10/09/2016.

RIZZOLATTI, G., & Craighero, L. (2004). **The mirror-neuron system**. Annual Review of Neuroscience, 27, 169–192.

ROTHER, Edna Terezinha. **Revisão sistemática X revisão narrativa**. Acta Paulista de Enfermagem, vol. 20, núm. 2, abril-junio, 2007, pp. v-v.

SCHMIDT, R. A.; WRISBERG, C. Aprendizagem e performance motora. 4ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2001

TANI, Go; BRUZI, Flavio Henrique Bastos; TEODORO, Alessandro; CHIVIACOWSKY, Suzete. **O estudo da demonstração em aprendizagem motora: estado da arte, desafios e perspectivas**. Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum 2011, 13(5):392-403

WILLIAMS AM, DAVIDS K, WILLIAMS JG. **Visual perception and action in sport**. London: E & FN SPON; 1999. p. 358-393.

SITE: Sogab.com.br. **Sistema Nervoso**: Origem e divisões. Disponível em: < <http://www.sogab.com.br/anatomia/sistemanervosojonas.htm> > Acessado em: 11/11/2016.

SITE: Medicinaexplicada.blogspot.com.br. **Sinapses**. 01/06/2014. Disponível em: < <http://medicinaexplicada.blogspot.com.br/2014/05/sinapses.html> > Acessado em: 11/11/2016

SITE: legacy.owensboro.kctcs.edu. **Central Nervous System: Brain**. Disponível em: < <http://legacy.owensboro.kctcs.edu/gcaplan/anat/notes/api%20notes%20l%20central%20nervous%20system-brain.htm> > Acessado em: 11/11/2016.

SITE: neuroscientificallychallenged.com. **Broca's area**. Disponível em: < <http://www.neuroscientificallychallenged.com/glossary/brocas-area/>> Acesso em: 11/11/2016

GLOSSÁRIO

1. EEG (Eletroencefalograma) – É o registro da atividade elétrica no córtex cerebral que corresponde ao fluxo de informações processado pelo córtex em suas atividades. (SILVA, D.F. & LIMA, M.M. Aspectos Gerais e Práticos do EEG Rev. Neurociências 6(3): 137-146, 1998)
2. EMTr (Estimulação Magnética Transcraniana) – É uma técnica não invasiva, de uso diagnóstico e terapêutico, que usa campos magnéticos para estimular pequenas regiões do cérebro por indução eletromagnética através de um gerador, ou "bobina", colocado próximo da cabeça do paciente. (MÜLLER, V.T.; SANTOS, P.P.; CARNAVAL, T.; GOMES, M.M; FREGNI, F. O que é estimulação magnética transcraniana? Rev Bras Neurol. 49(1):20-31, 2013.)
3. *Feedback* - Reação a um estímulo; efeito retroativo. (SCHMIDT, R. A.; WRISBERG, C. Aprendizagem e performance motora. 4ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2001)
4. fMRI (Ressonância Magnética Funcional) - É uma técnica específica do uso da imagem por ressonância magnética capaz de detectar variações no fluxo sanguíneo em resposta à atividade neural. Método não invasivo que não utiliza radiação ionizante ou contraste exógeno. (PEREIRA, Jorge Resende; REIS, Ana Mafalda; MAGALHÃES, Zita. Neuroanatomia funcional: anatomia das áreas ativáveis nos usuais paradigmas em ressonância magnética funcional. Acta Médica Portuguesa, 2003; 16: 107-116)
5. *Input* – A informação que as pessoas recebem para processar. (SCHMIDT, R. A.; WRISBERG, C. Aprendizagem e performance motora. 4ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2001)
6. *Output* – O comportamento motor ou a ação produzida como um resultado do processamento da informação. (SCHMIDT, R. A.; WRISBERG, C. Aprendizagem e performance motora. 4ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2001)
7. PET (Tomografia por Emissão de Pósitrons) – É um exame por imagem nuclear que utiliza radionuclídeos que emitem um pósitron no momento da sua desintegração, o qual é detectado para formar as imagens do exame. (ROBILOTTA C.

C. A tomografia por emissão de pósitrons: uma nova modalidade na medicina nuclear brasileira. Rev Panam Salud Publica. 2006; 20(2/3):134-42.)

8. SPECT (Tomografia por Emissão de Fóton Único) - É um estudo de medicina nuclear com imagens, que mede o fluxo sanguíneo no cérebro e seus padrões de atividade metabólica. Esta técnica faz um estudo da fisiologia do cérebro. (COSTA, D.C; OLIVEIRA J.M; BRESSAN, R.A. PET e SPECT em neurologia e psiquiatria: do básico às aplicações psiquiatria. Rev Bras Psiquiatr 2001;23(Supl I):4-5)