

**COMO AS AÇÕES DO OUTRO REPERCUTEM NO MEU CÉREBRO - UM ESTUDO COM ESTIMULAÇÃO MAGNÉTICA TRANSCRANIANA SOBRE AS BASES NEUROFISIOLÓGICAS DO PROCESSAMENTO DE INFORMAÇÃO MOTORA NO AUTISMO**

PESQUISADOR LÍDER

PROF. DR. PAULO SÉRGIO BOGGIO

PROFESSORES DA UPM

PROF. DR. ELIZEU COUTINHO DE MACEDO

PESQUISADORES EXTERNOS À UPM

PROF. DR. FELIPE FREGNI – HARVARD MEDICAL SCHOOL

DR. QUIRINO CORDEIRO JUNIOR – IRMANDADE DA SANTA CASA DE MISERICÓRDIA DE SÃO PAULO

DR. ANDRÉ BRUNONI – UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO E IRMANDADE DA SANTA CASA DE MISERICÓRDIA DE SÃO PAULO

ALUNOS DA UPM

CLAUDIA APARECIDA VALASEK – DOUTORANDA EM DISTÚRBIOS DO DESENVOLVIMENTO COM BOLSA FAPESP

OLIVIA MORGAN LAPENTA – DOUTORANDA EM DISTÚRBIOS DO DESENVOLVIMENTO COM BOLSA FAPESP

ANA CAROLINA ALEM GIGLIO – MESTRANDA EM DISTÚRBIOS DO  
DESENVOLVIMENTO COM BOLSA CAPES

SOFIA MACARINI – CURSO DE PSICOLOGIA COM BOLSA PIBIC MACKENZIE

VICTORIA NAMUR – CURSO DE PSICOLOGIA COM BOLSA PIBIT CNPQ

# **COMO AS AÇÕES DO OUTRO REPERCUTEM NO MEU CÉREBRO - UM ESTUDO COM ESTIMULAÇÃO MAGNÉTICA TRANSCRANIANA SOBRE AS BASES NEUROFISIOLÓGICAS DO PROCESSAMENTO DE INFORMAÇÃO MOTORA NO AUTISMO**

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1 TRANSTORNO DO ESPECTRO DO AUTISMO**

O transtorno do autismo, também chamado de transtorno autístico, autismo da infância, autismo infantil e autismo de Kanner é um dos transtornos globais do desenvolvimento mais conhecidos.

O termo “autismo” foi concebido e usado pela primeira vez pelo psiquiatra Eugen Bleur, em 1911 para designar um dos sintomas da esquizofrenia. Este era caracterizado pelo isolamento e déficit na interação social, que culminava na limitação extrema no relacionamento de pessoas com o mundo externo (FRITH, 2004; VOLKER, THOMEER, LOPATA, 2009).

Anos mais tarde, Leo Kanner e Hans Asperger foram os primeiros a publicar uma descrição detalhada sobre o autismo. Ambos fizeram isso de maneira independente e utilizando o termo “autismo” para classificar os indivíduos que apresentavam as características observadas por eles, uma vez que o termo já havia sido introduzido (FRITH, 2004).

O diagnóstico de autismo é realizado com base em uma série de critérios comportamentais, sendo que os critérios mais aceitos e utilizados são os que constam nos instrumentos DSM IV e o CID-10. Em relação a prevalência, estudos mais recentes (MULIK e SILVA, 2009) registram um aumento de casos, atingindo uma média de 40 a

60 casos a cada 10.000 nascimentos. Além disso, é observada uma diferença na prevalência relacionada ao gênero. Alguns estudos como os Muhle et al. (2004) e Fombonne (2005), relatam uma predominância maior em indivíduos do sexo masculino em relação ao sexo feminino (4:1), porém em relação ao grau de comprometimento, indivíduos do sexo feminino tendem a ser mais prejudicados.

As manifestações comportamentais que definem o autismo incluem: déficits qualitativos e significativos na interação social, na comunicação e padrões de comportamentos repetitivos e estereotipados, bem como repertório restrito de interesses e atividades. Além da clássica tríade outros problemas comportamentais, psiquiátricos e condições médicas podem ocorrer como autolesões e hiperatividade, retardo mental (em prevalência de 40 a 55% das crianças) e sintomas de ansiedade e depressão (FRITH e HAPPÉ, 1999, NEWSCHAFFER et al., 2007).

Diversas teorias vêm sendo investigadas para explicar a etiologia do autismo. Dentre elas as principais são, teorias das funções executivas (HILL, 2004), teoria da coerência central e a teoria da mente. Devido aos objetivos propostos no presente trabalho, iremos ressaltar a teoria da mente (ToM).

A teoria da mente pode ser compreendida como uma ferramenta da qual os indivíduos saudáveis se utilizam para preceder relações entre os estados externos e internos das pessoas, para ler sua linguagem corporal e prever seus comportamentos com precisão (GALLAGHER e FRITH, 2003; BARON-COHEN, 2009).

A ToM é composta por dois aspectos: cognitivo e afetivo. O aspecto afetivo se refere a sintonização espontânea com as ideias e sentimentos dos outros, também conhecida como empatia (BARON-COHEN et al., 2001; GALLAGHER e FRITH, 2003; FRITH e FRITH, 2003; BARON-COHEN, 2009, BASTON, 2009). Essa importante capacidade de inferir sobre o estado mental do outro não está presente nos

indivíduos com transtorno do espectro do autismo, em função de um prejuízo em mecanismos cognitivos inatos responsáveis por esta habilidade. O aspecto cognitivo, por sua vez, é descrito como a habilidade de mentalização, que é responsável pela atribuição de intenções às ações, em detrimento dos estados mentais implícitos dos outros indivíduos (FRITH e FRITH, 2003).

A teoria da mente parece ainda relacionada a alterações na capacidade de imitação presente em pessoas com autismo (WILLIAMS et al., 2001). Tal distúrbio de imitação envolve dificuldades de imitar/copiar ações e em inibir comportamentos estereotipados como por exemplo, a ecolalia. Sugere-se que a imitação possa preencher lacunas deixadas pelas explicações da teoria da mente, uma vez que a imitação tem características que sugerem que os mecanismos subjacentes a ela podem ser precursores (talvez os primeiros que podem ser identificados na infância) de toda a teoria da mente. O déficit de imitação pode, ainda, resultar em demais déficits sociais vistos no autismo (ROGERS et al., 1996).

## **1.2 OBSERVAÇÃO E MENTALIZAÇÃO DE AÇÕES MOTORAS**

Imagem mental (termo em inglês, *imagery*) consiste na mentalização de entradas sensoriais e motoras, podendo ser definida como um processo ligado à percepção em ausência de estímulo real externo (ANNETT, 1995; FARAH, 1984; KOSSLYN et al., 2001). A geração de uma imagem mental de movimento, referida como mentalização motora (MM) (em inglês, *motor imagery*), é baseada em propriocepção e mentalização visual. A MM apresenta vantagens adaptativas evolucionárias por permitir planejamento e antecipação das ações do outro, bem como o estabelecimento de empatia com o outro (DECETY e GRÉZES, 2006).

A teoria de simulação mental traz como ideia básica que a rede neural motora seja ativada tanto na mentalização de ações motoras quanto na execução dessas mesmas representações (JEANNEROD, 2001), de maneira análoga à ativação em observação e execução de ações, o que é mediado por um sistema neuronal chamado de Sistema de Neurônios-Espelho (SNE) (RIZZOLATTI, FOGASSI, GALLESE, 2001; RIZZOLATTI, 2005).

Segundo RIZZOLATTI, FOGASSI, GALLESE (2001) este sistema parece unificar no mesmo mecanismo neural, uma variedade de fenômenos que vão além dos comportamentos elementares, como facilitação da resposta, podendo também desempenhar um papel crítico em funções cognitivas superiores, como aprendizado da imitação e compreensão da ação e desenvolvimento da linguagem.

Gallese e Goldman (1998) levantaram ainda a hipótese de que além de ser parte ou realizar uma função precursora da habilidade geral de compreender o estado mental do outro (e.g. percepções, objetivos, crenças e expectativas) por mecanismos similares de observação e internalização da ação de outro indivíduo, os neurônios-espelho possam constituir parte de um sistema capaz de modular um plano para a execução de certa ação por meio da simulação mental da mesma, ou seja via mentalização motora (MM). Sendo assim, esse sistema pode representar as bases neurobiológicas das interações sociais e da atribuição de intenção às ações dos outros (GALLESE, 2003; BARON-COHEN, 2003), relacionando-se com a Teoria da Mente (ToM) e, dessa forma, envolvido também em processos cognitivos como a empatia (CARR et al., 2003).

Disfunções nesse sistema podem, portanto, acarretar em prejuízo significativo de inclusão em grupos sociais, de capacidade de imitação inicial de ações, do desenvolvimento da linguagem, da função executiva e dos componentes da Teoria da Mente, causando a chamada “cegueira da mente” (em inglês: *mind-blindness*) (FRITH e

FRITH, 2010; FRITH, 2004; HADJIKHANI et al, 2006; BARON-COHEN, 2009). Sendo tal disfunção uma das hipóteses aceitas para explicar o conjunto de sintomas apresentados no Transtorno do Espectro Autista (TEA) (WILLIAMS et al., 2001).

Acredita-se que tarefas de observação e mentalização motora representem um estágio sutil da execução da ação pois podem ativar múltiplas áreas sensoriais e motoras, parecendo eliciar atividade cortical motora na ausência do movimento propriamente dito, recrutando área motora suplementar, córtex pré-motor e córtex motor primário (M1) (JEANNEROD, 2001). Sendo o córtex pré-motor intimamente envolvido a três processamentos, (i) execução motora, (ii) observação da ação (RIZZOLATTI, CRAIGHERO, 2004) e (iii) mentalização motora (MICHELON, VETTEL, ZACKS, 2006).

Técnicas de neuroimagem como ressonância magnética funcional (RMF) e tomografia por emissão de pósitrons (TEP), estimulação cerebral não invasiva (EMT e ETCC), eletroencefalografia (EEG) e magnetoencefalografia (MEG) confirmam ativação de áreas motoras e evidenciam o envolvimento do SNE tanto durante a execução do movimento tanto em MM quanto em observação de ação.

Estudos com EEG avaliam a supressão do ritmo Mu (frequência de ~10Hz em córtex sensório-motor) que parece refletir o sistema subjacente a funções de mentalização, observação e execução, exibindo modulação consistente com a hipótese de que estes substratos neurais têm um papel funcional no sistema neurônios-espelho humano (HARI et al., 1998; JARVELAINEN et al., 2001; MUTHUKUMARASWAMY, JOHNSON, 2004). Diversos estudos têm utilizado essa medida eletrofisiológica durante testes motores e cognitivos avaliando sua relação com excitação e inibição cortical (para revisão ver HARI, 2006) relacionadas a atividade do SNE humano tanto em população saudável quanto em autistas (PERKINS et al., 2010).

A ativação dos neurônios pré-motores e o consequente aumento de excitabilidade cortical e ERD de Mu ocorre em decorrência de diversos mecanismos como de observação de movimentos (BUCCINO et al., 2001; MUTHUKUMARASWAMY, JOHNSON, 2004), observação de pontos de luz agrupados de forma que simulem movimento humano (ULLOA, PINEDA, 2007), mentalização de movimentos próprio ou do outro (McFARLAND et al., 2000; RUBY, DECETY, 2001; FOURKAS et al., 2006; FRANCUZ, ZAPALA, 2011), e até mesmo percepção de movimento em imagens estáticas (GIROMINI et al., 2010; PINEDA et al., 2011).

Diante das evidências do déficit dos componentes da ToM e de uma redução da sensibilidade ao contexto por parte dos indivíduos com TEA é importante compreender detalhadamente como a informação contextual é processada (BARON-COHEN, 2009; PIJNACKER et al., 2010) e, diversos dados indicam, prejuízo do SNE em população autista (IACOBONI, MAZZIOTA, 2007; CATTANEO, RIZZOLATTI, 2009). Assim, o ritmo Mu passou também a ser uma forma de investigar as bases neurais durante observação motora em TEA (PERKINS et al., 2010) sendo demonstrado que autistas apresentam baixa supressão de Mu durante observação de ação (OBERMAN et al., 2005; BERNIER et al., 2007) sugerindo disfunção do sistema de observação/execução, o que está relacionado a prejuízos na habilidade de imitação (BERNIER et al., 2007), conferindo suporte adicional a teoria do envolvimento dos neurônios espelho.

Ainda no contexto da eletroencefalografia, alguns estudos têm investigado os padrões de ativação dos potenciais relacionados a eventos (PREs) diante da exposição a estímulos motores em contextos sociais, a fim de compreender o processamento de informação relacionada à compreensão de ações e à mentalização (PROVERBIO e RIVA, 2009; PROVERBIO et al., 2010; SITNIKOVA, et al. 2008). O estudo da observação e da compreensão de ações em contexto permite, além do aprendizado por



imitação na espécie humana, a compreensão do processo de desenvolvimento da linguagem verbal e não verbal (RIZZOLATTI et al., 2001; RIZZOLATTI e ARBIB, 1998) e alguns estudos com EEG mostram alteração de PREs específicos em pacientes com diagnóstico de autismo (FISHMAN et al., 2010).

No caso da EMT, esta ferramenta fornece uma diferente medida neurofisiológica pois, além de neuromodulação, permite a mensuração de excitabilidade cortical via potencial motor evocado (PME), registrado por eletroneuromiógrafo em diversos músculos das mãos e braços (NAJIB et al., 2011). EMT de pulso único permite medir a excitabilidade e condutividade corticoespinal de vias motoras e a EMT de pulso pareado permite investigar mecanismos intracorticais de facilitação e inibição (ROSSI, ROSSINI, 2004). Dessa maneira, confere uma medida biológica importante de ativação de áreas corticais envolvidas em diversas atividades.

Esta nova tecnologia tem ganhado espaço nessa área de pesquisa, não apenas por seu potencial de facilitação em determinadas tarefas e por apontar áreas cruciais de determinadas funções cognitivas e motoras, mas principalmente, no caso de MM e observação de ação por fornecer uma medida precisa dos efeitos de intervenção.

Fadiga et al. (1999), utilizaram EMT para investigar se a excitabilidade do sistema cortico-espinal é seletivamente afetada por MM. Foram realizados registros de PME do músculo das mãos e braços direito e esquerdo durante simulação mental de movimentos de flexão e extensão e EMT em córtex motor direito e esquerdo durante MM de abertura e fechamento contralateral das mãos. A MM foi conduzida por som (i.e., fase de aumento da frequência sonora indicava que deveriam mentalizar abertura da mão e em fase de diminuição da frequência indicava que deveriam mentalizar fechamento da mão). O padrão de excitabilidade durante MM simula de forma dinâmica o ocorrido durante a execução do movimento, isto é, a excitabilidade cortical durante MM é similar

ao observado durante movimentação real. Além disso, EMT no córtex motor esquerdo aumentou a excitabilidade córtico-espinal em MM ipsilateral e contralateral e EMT em córtex motor direito levou a facilitação do efeito induzido por MM apenas nos movimentos contralaterais. Tais resultados mostram, com o uso de EMT, o papel da MM como estratégia de neuromodulação de estruturas cerebrais motoras.

Estudo posterior avaliou efeito da MM em movimento abductor do polegar por registro de PMEs com EMT. Foi realizada a mensuração não apenas dos músculos envolvidos na tarefa, no caso o músculo abductor curto do polegar (ipsilateral e contralateral), mas também de um músculo “controle”, não envolvido na tarefa, para averiguar se a mentalização teria um efeito músculo-específico de acordo com o movimento instruído na tarefa. A mentalização levou a aumento da amplitude dos PMEs apenas no músculo do abductor do polegar contralateral, confirmando especificidade focal. Além disso, este estudo avaliou ainda o limiar motor antes e após a tarefa verificando redução deste, o que está de acordo com aumento de excitabilidade cortical (FACCHINI et al., 2002). Essa especificidade muscular é confirmada por aumento de excitabilidade em M1 concomitante a redução de inibição intracortical tanto em MM quanto em observação de movimento de flexão de dedo próprio ou de outro indivíduo (PATUZZO, FIASCHI, MANGANOTTI, 2003).

Conforme comprovada a excitabilidade cortical aumentada durante MM em tarefas simples, pesquisas avançaram para tarefas de imagem mental mais complexas, envolvendo movimentação biológica e não biológica, em primeira e em terceira pessoa, com e sem envolvimento de objetos e ainda combinando ações dirigidas ou sem sentido.

Nessa direção, Fourkas et al. (2006) comparou PMEs nos músculos interósseo dorsal e abductor do dedo mínimo durante a aplicação de EMT de pulso único durante quatro tarefas: de MM realizadas em primeira e terceira pessoa, imagem mental visual

(i.e. movimento não biológico) e imagem mental estática (i.e., perspectiva, em primeira pessoa, de mão imóvel). MM em relação a imagens estáticas resultou em aumento da excitabilidade no músculo interósseo dorsal, mas não em abdutor do dedo mínimo.

A facilitação demonstrada pelo aumento dos PMEs em músculo interósseo dorsal foi observada na condição de imagem mental de terceira pessoa (na qual a ação foi claramente atribuída a outra pessoa). Os autores atribuem os resultados obtidos na mentalização do movimento em terceira pessoa à ativação do sistema de neurônios-espelho (FOURKAS et al., 2006).

Roosink e Zijdwind (2010), ao realizarem o estudo comparando a excitabilidade cortico-espinal durante observação de movimento sequenciado simples e complexo dos dedos indicador, médio, anelar e mínimo em três condições e suas combinações (MM, execução e observação), observaram que a excitabilidade foi aumentada em todas as condições em relação à excitabilidade de repouso, sendo este aumento maior durante a observação ativa em relação a passiva e MM visual ou sinestésica. A dificuldade da tarefa também influencia na mudança da excitabilidade cortical de modo que tarefas mais complexas resultaram em excitabilidade maior. Os autores sugerem ainda que o aumento da excitabilidade cortico-espinal encontrado durante a observação ativa e durante a MM pode ser o resultado de um aumento da atividade cortical combinado com alterações a nível da coluna vertebral.

Ademais, Vargas et al. (2004) demonstraram com uso de EMT que posição postural compatível ao movimento a ser mentalizado pode resultar em maximização do efeito mensurado por PMEs (i.e., potenciais maiores e abrangendo maior área) enquanto posições incompatíveis resultam em minimização deste efeito, tendo ainda correlação com o tempo levado para execução da tarefa, i.e., em posturas compatíveis a mentalização é mais rápida.

Nas pesquisas com ação dirigida ao alvo e uso de objetos são levantadas hipóteses acerca do conhecimento tátil de um objeto ou ainda da presença do toque deste durante a tarefa de imagem mental no sentido de quais influências estas circunstâncias teriam na excitabilidade córtico-espinal. Para conhecer esses efeitos, participantes eram instruídos a imaginar-se apertando uma bola, ora com a bola em mãos, ora sem ter nada nas mãos. A comparação e monitoramento de PMEs no músculo dorsal interósseo (mão) nas duas situações após a aplicação de EMT no córtex motor permitiu verificar maior amplitude na condição com bola em mãos. Tal resultado sugere que o toque da bola reforce a MM, sendo este originado por algumas mudanças da via cortico-espinal e não da via aferente do córtex somatossensorial, uma vez que potenciais evocados somatossensoriais foram medidos e não houve modulação dos mesmos na situação “segurando a bola” (MIZUGUCHI et al.,2009).

Seguindo a mesma premissa, Cesari, Pizzolato e Fiorio (2011) sugerem que durante MM, o sistema cortico-espinal seja modulado de forma músculo-específico/compressão específica. Após EMT sobre M1, os autores avaliaram os PMEs dos músculos interósseo dorsal, abdutor do dedo mínimo e flexor superficial dos dedos em duas tarefas – execução motora de preensão de esferas de diferentes dimensões e MM de preensão destas mesmas esferas, com o advento que assim já teriam conhecimento do material e dimensão do objeto que deveriam mentalizar em mãos. Foi observado mesmo padrão de ativação para esferas pequenas (i.e. flexor interósseo dorsal mais ativado em relação ao abdutor do dedo mínimo e flexor superficial) e esferas grandes (i.e. maior ativação de abdutor do dedo mínimo e flexor superficial) para ambas as situações.

Estas ativações são explicadas pela tendência de precisão na preensão de objetos pequenos, levando a preensão em pinça e, em contraste, para objetos grandes é

necessário usar os cinco dígitos, gerando este padrão de ativação muscular. No caso das esferas médias todos os músculos foram ativados de forma similar, um padrão ocorrido quando se utilizam mais de dois dígitos na preensão de objetos (ANSON et al., 2002; HASEGAWA et al., 2001; TINAZZI et al., 2003).

Aparentemente o processo predominantemente necessário para planejamento de preensão ocorre principalmente por ativações musculares de acordo com as propriedades do tipo de movimento e forma da mão mais adequada para tal movimento (CESARI, PIZZOLATO, FIORIO, 2011). Já em relação à aplicação de força, estudos indicam que este planejamento ocorra de forma separada já que a ativação motora obtida neste tipo de tarefa, é mais precisa durante execução da ação em relação a facilitação registrada durante MM (CESARI, PIZZOLATO, FIORIO, 2011; PARK, LI, 2011).

Enquanto as alterações de excitabilidade parecem ter sido bem esclarecidas se tratando de tarefas de movimentos simples de articulação única, se tratando de movimentos do dia-a-dia envolvendo diversos músculos, são encontradas divergências entre indivíduos quanto a ativação músculo-específica.

Por meio de projeção de movimentos (i.e., o estímulo previamente filmado era projetado de forma que o movimento observado parecesse estar sendo realizado pelo próprio indivíduo), foi encontrada maior excitabilidade cortical em relação à condição repouso, porém em diferentes magnitudes de focalidade para cada sujeito. Apesar das variações entre indivíduos o padrão foi constante para todas as tarefas no mesmo indivíduo, sugerindo que alguns indivíduos tenham maior habilidade de precisão no mapeamento dos movimentos observados em seu próprio repertório motor e que esse tipo de resposta seja válida para diversas ações do dia-a-dia, ou ainda que este resultado

se deva a diferentes direcionamentos de atenção durante a observação (HETU et al., 2010).

Considerando medidas de excitabilidade cortical em de movimento em contexto de valência emocional positiva, negativa e neutra, Borgomaneri, Gazzola e Avenanti (2012) mediram excitabilidade cortical em M1 esquerdo durante dois experimentos. No primeiro experimento foram utilizadas imagens da base de dados IAPS e foram encontradas diferenças significativas entre as fotos com componente emocional em relação às neutras. No segundo experimento as foram elaboradas com corpo expressando linguagem corporal das mesmas valências porém sem o contexto. Ambos os experimentos mostraram facilitação motora em observação de fotos de movimento entretanto, apenas no experimento com fotos do IAPS foi encontrada diferença significativa em relação a fotos emocionais e neutras. Os autores argumentam que esses dados possam refletir a atividade de simulação de ação ativada pelo processamento de pistas de ação apresentadas na cena emocional pois as fotos positivas e negativas do IAPS geralmente apresentam humanos engajados em atividade motora com objetos, diferindo das cenas neutras. Os autores fazem considerações ainda, de que possíveis efeitos possam ocorrer no hemisfério direito, que é especializado no processamento emocional ou fora da região da mão e ainda, que sinais específicos de emoção possam modular a excitabilidade motora em diferentes momentos no tempo.

A partir dos estudos citados, podemos concluir que a EMT confere medidas precisas de excitabilidade cortical e confirma o aumento da atividade bem como a redução de limiar motor em áreas corticais motoras durante o processo de observação e imagem mental relacionada à motricidade. Tais achados são importantes na medida em que sinalizam a possibilidade de uso dessas estratégias como ferramentas de neuromodulação e recrutamento de estruturas cerebrais motoras. Considerando esses

dados, alguns autores têm investigado a relação entre MM e excitabilidade cortical em TEA.

Em estudo de avaliação dos PMEs em tarefa de observação de movimentação de dedos, realizada em grupo controle e grupo autista pareados por sexo e idade, foi demonstrado que no grupo de autistas a excitabilidade cortical é significativamente menor em comparação ao grupo controle e, além disso, a observação dos movimentos dos dedos facilitou o potencial evocado motor gerado por EMT no grupo controle, mas não no grupo de autistas. Os achados são discutidos a luz de estudos prévios sobre o comprometimento do SNE nesse grupo (THÉORET et al., 2005). Tais resultados sinalizam novas possibilidades de se investigar as bases neurais dos déficits cognitivos e sociais característicos no autismo.

Os substratos neurais envolvidos na compreensão e realização de tarefas envolvendo motricidade humana isolada ou em contexto e, ainda, com e sem componente afetivo podem estar comprometidos no Autismo. Pesquisas acompanhando o impacto da facilitação motora de acordo com o tipo de tarefa i.e., movimento de membro corporal único, movimento de corpo todo e impacto das interações sociais em movimento de corpo todo são escassas e, apesar de avanços recentes, pouco se sabe sobre as bases neurofisiológicas das alterações comportamentais observadas nesses pacientes. Dessa forma, a técnica de mensuração de excitabilidade cortical (EMT) parece interessante por poder fornecer medidas neurofisiológicas para melhor compreensão do funcionamento dos substratos neurais dessa ativação cortical em população com desenvolvimento típico e em população com TEA.

## **2. JUSTIFICATIVA**

Este estudo se justifica na medida em que, apesar de diversos estudos terem sido realizados no intuito de aumentar o conhecimento sobre o autismo, a disfunção cerebral associada a esse transtorno ainda é desconhecida. Estudos recentes têm implicado um acometimento cerebral difuso nesses pacientes, incluindo áreas de representação motora. Adicionalmente, novas técnicas de estudo da atividade cerebral, como a EMT, possibilitam o estudo do funcionamento do SNC de uma maneira não-invasiva e indolor, o que pode servir para o estabelecimento de correlações entre possíveis alterações na excitabilidade cortical com o grau de comprometimento cognitivo e prejuízos em funções comportamentais como, por exemplo, a interação social.

Devido aos substratos neurais envolvidos na compreensão e realização de tarefas envolvendo motricidade humana isolada ou em contexto e, ainda, com e sem componente afetivo poderem estar comprometidos no Autismo e ao escasso conhecimento quanto às bases neurofisiológicas das alterações comportamentais observadas nesses pacientes, a técnica de mensuração de excitabilidade cortical (EMT) aparece como um técnica promissora no mapeamento da percepção desses movimentos, bem como sua relação com a simulação mental, podendo fornecer medidas neurofisiológicas para melhor compreensão do funcionamento dos substratos neurais dessa ativação cortical em população com desenvolvimento típico e em população com TEA.

Os três experimentos propostos neste projeto quando analisados em conjunto irão possibilitar pela primeira vez uma discussão acerca dos mecanismos cerebrais subjacentes ao processamento de informações motoras simples, complexas ou com envolvimento emocional. Em função dos resultados, será possível realizar discussões a respeito dos modelos de intervenção empregados até o momento.



### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVOS GERAIS**

Avaliar por meio de mensuração de excitabilidade cortical a ocorrência de ativação motora em córtex motor primário decorrente da observação de vídeos e fotos contendo ou não movimento biológico e comparar essas ativações em grupos com autismo e desenvolvimento típico.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

##### **Experimento 1**

- Comparar o potencial motor evocado durante observação de movimento biológico e não biológico;
- Comparar os resultados de potencial motor evocado durante observação biológica e não biológica entre grupo controle e grupo TEA;

##### **Experimento 2**

- Comparar o potencial motor evocado pela observação de três categorias de fotos: objetos estáticos, movimento humano sem componente afetivo (sem interação social), movimento humano com componente afetivo (interação social);
- Comparar o potencial motor evocado nos grupos controle e TEA durante a observação das três categorias de fotos.

**Experimento 3 (este experimento não fazia parte do projeto original; optamos por incluí-lo em função dos resultados observados nos experimentos 1 e 2 como descritos na seção de resultados e do desenvolvimento do trabalho de Doutorado da Aluna Olivia Morgan Lapenta membro dessa equipe)**

- Avaliar por meio de mensuração de excitabilidade cortical a ocorrência de ativação motora em córtex motor primário decorrente da observação de movimentos biológicos reais (MR), movimentos biológicos formados por pontos de luz (PLbio), movimentos não biológicos formados por pontos de luz (PLnbio) e, ausência de movimento em pontos de luz estáticos organizados em forma humana (PLE).
- Comparar a intensidade dessas ativações em população com desenvolvimento típico.

## **4. MÉTODO**

### **4.1 PARTICIPANTES**

Foram recrutados 4 grupos para compor os experimentos. Sendo dois grupos controle; i) grupo de adultos e ii) grupo de crianças e, dois grupos experimentais com transtorno do espectro do autismo, sendo; i) grupo de adultos e ii) grupo de crianças. No projeto inicial também não eram previstos todos esses grupos. Optamos por incluí-los, pois como será visto nos Resultados, a coleta de dados e os resultados observados não encontraram-se condizentes com a literatura prévia nessa área. Além disso, em função do atraso na chegada dos equipamentos (o projeto foi aprovado em Dezembro de 2012 e o equipamento completo só chegou ao laboratório no segundo semestre de 2015),

perdemos grande parte dos pacientes que já estavam recrutados e com critérios de inclusão e de exclusão adequados para participar do estudo.

A partir do recrutamento inicial, foram adotados como critérios de exclusão para todos os experimentos e grupos: i) diagnóstico neuropsiquiátrico; ii) uso de drogas ou medicamentos psicoativos; iii) histórico de cirurgia no SNC, tumor cerebral ou implante intracraniano, iv) epilepsia ou histórico de crise convulsiva.

## 4.2 MATERIAL

### *- Instrumentos*

- *Ficha sócio-demográfica*

A ficha consta dados pessoais dos participantes, assim como apresenta o registro do histórico de problemas de saúde e uso de medicações. Na ficha também foram anotados o limiar motor dos participantes e outras informações relevantes durante o andamento das tarefas.

- *Instrumento para avaliação cognitiva*

Para avaliar o funcionamento cognitivo global foi utilizada a **Escala de Inteligência Wechsler para crianças (WISC-III) ou para adultos (WAIS-III)** - A bateria Wechsler é composta por 13 subtestes e avalia o nível de eficiência intelectual global e índices fatoriais como: velocidade de processamento, organização perceptiva, resistência a distração e compreensão verbal. No presente estudo foram utilizados os subtestes Cubos e Vocabulário.

- *Instrumento de mensuração de excitabilidade cortical*

**a) Magstim Bistim** - Equipamento composto por dois módulos de estimulação magnética transcraniana possibilitando a coleta de medidas de excitabilidade cortical, estimulação de pulso pareado com análise de medidas de inibição e facilitação inter e intra-corticais. A estimulação é realizada por meio de bobinas (neste caso de 70 mm em formato de 8). Além disso, o registro para análise dos potenciais gerados necessita de aparelho de eletromiografia.

**b) Myoquick 1400ME – 5 Channel EMG/EP** – Este equipamento (juntamente com o software system plus) possibilita o registro de medidas neurofisiológicas como potenciais evocados induzidos por EMT (descritas a seguir).

## **4.3 TAREFAS**

### **4.3.1 Experimento 1 - Observação de Movimentos Isolados Biológicos (humanos) de articulação única e Não-Biológicos**

Os vídeos utilizados nesta tarefa foram previamente elaborados no laboratório de Neurociência Cognitiva e Social da UPM, já tendo sido utilizados em estudos prévios do grupo (LAPENTA et al., 2013). Este trabalho foi o Mestrado da aluna Olivia Morgan Lapenta e nele demonstramos o papel de ritmos oscilatório (em particular o ritmo  $\mu$ ) nos processos de observação, execução e mentalização de movimentos biológicos. Este trabalho foi publicado na revista *Frontiers in Human Neuroscience*.

A tarefa foi composta por duas categorias de estímulo: Movimento Biológico (MB) e outro de Movimento Não-Biológico (MNB) (vide apêndice 1). Para MB, foi apresentado um vídeo de movimento em pinça de alta amplitude com frequência de aproximadamente 1 Hz realizado com a mão direita. Para a categoria MNB, foi apresentado um vídeo contendo duas esferas de mesmo tamanho se aproximando e

distanciando em mesma angulação da condição biológica com frequência de movimento de 1 Hz. Os participantes foram instruídos a observar atentamente os vídeos apresentados. Cada categoria de vídeo foi apresentada por 10 vezes durante 10s cada, anterior a cada vídeo um ponto de fixação preto sobre tela cinza era apresentado por 1000ms. Os trials foram subdivididos em 4 blocos com 5 vídeos cada, sendo esses pseudo-randomizados em relação ao seu tipo (MB e MNB). Para garantir o engajamento atencional, os participantes foram instruídos a apertar qualquer tecla quando a imagem de um vaso aparecesse na tela. A imagem de um vaso foi apresentada de forma randômica por 12 vezes ao longo do experimento. A tarefa teve duração aproximada de 6 minutos. O desenho experimental pode ser observado na figura 1.

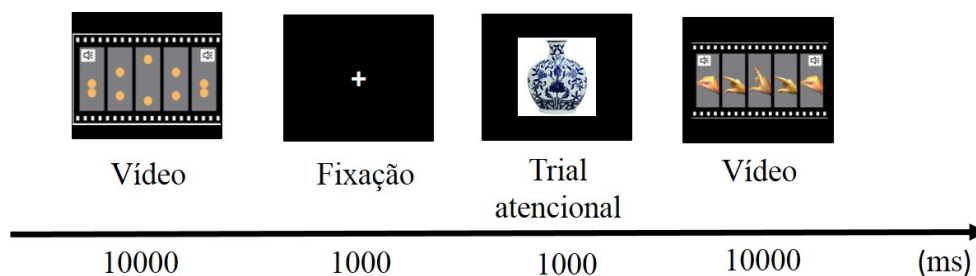


Figura 1. Desenho experimental com a sequência de telas apresentadas ao participante.

#### **4.3.2 Experimento 2 - Observação de Motricidade Biológica (humana) envolvendo Múltiplas Articulações com e sem Componente Afetivo**

Os estímulos utilizados neste experimento foram selecionados a partir de um banco de fotografias envolvendo ações humanas, previamente elaborado no laboratório de Neurociência Cognitiva e Social da UPM, já utilizado em estudos prévios do grupo (GIGLIO et al., 2013). O estudo para o qual as imagens foram desenvolvidas tinha como objetivo de avaliar a eletrofisiologia do processamento de compreensão de ações que ocorrem entre duas pessoas com finalizações congruentes ou incongruentes. Este trabalho foi desenvolvido pela aluna Ana Carolina Alem Giglio bolsista de Iniciação Científica PIBIC CNPq (atualmente a aluna é mestrando do Programa de Pós-Graduação em Distúrbios do Desenvolvimento bolsista CAPES). Este trabalho foi publicado na revista Brain Research.

Foram registradas, 180 fotografias, que foram tiradas com os alunos do Laboratório de Neurociência Cognitiva e Social e outros colaboradores de pesquisa. As imagens que compuseram a categoria de estímulos congruentes, foram desenvolvidas para serem reais e factíveis do ponto de vista motor. Após o término do registro dos estímulos, todas as imagens foram corrigidas para serem padronizadas quanto ao tamanho, luminosidade e resolução no programa Adobe Photoshop CS3.

A construção dos estímulos e sua posterior coleta de dados eletroencefalográficos, levou a publicação do artigo intitulado: *“Throwing the banana away and keeping the peel: Neuroelectric responses to unexpected but physically feasible action endings.”*

Dessa forma, para compor o experimento 2, as imagens já descritas e que fizeram parte deste estudo prévio foram utilizados devido seu grau de confiabilidade e fidedignidade. A partir de 180 imagens, foram selecionadas 1 imagem de cada sequência de ação, compondo dessa maneira 20 imagens de cada categoria, sendo 20 para ações com interação social e 20 para ações sem interação social. Para tal seleção, 3

pesquisadores do grupo avaliaram, em cada sequência, qual das 3 imagens transmitia maior sensação de movimento.

Para compor a categoria de objetos estáticos, foram selecionadas de um site de busca, imagens de reais, coloridas com fundo branco, que não transmitissem qualquer sensação de movimento. Todas as imagens escolhidas para compor o teste encontram-se no apêndice 2.

Após a seleção das imagens, a construção da tarefa no software E-prime foi realizada. O experimento foi composto por 6 blocos, sendo que em cada bloco foram apresentadas 20 fotos alvo, sendo essas divididas em 3 categorias; i) movimento corporal humano sem interação social, ii) movimento corporal humano com interação social e iii) fotos de objetos estáticos que não transmitissem sensação de movimento (e.g., rádio, casa), totalizando 60 fotos.

O desenho experimental foi composto da seguinte maneira: foto alvo (uma das 3 categorias) apresentada durante 2000ms, tela de avaliação da motricidade da imagem sendo que o participante deveria julgar em uma escala de 0 a 5 (sendo 0 para sem movimento e 5 muito movimento) a percepção de movimento da foto, seguido por uma tela de fixação apresentada durante 1000ms após cada tela de avaliação da motricidade (Figura 2).

Nessa tarefa, os voluntários foram instruídos a manter os músculos relaxados e apenas observar as imagens do experimento exceto no momento em que fosse solicitada o julgamento da foto apresentada. A ausência de contração voluntária foi continuamente verificada visualmente ao longo do experimento, quando se detectou tensão muscular o experimento foi brevemente interrompido e o voluntário convidado a relaxar. A tarefa completa teve duração aproximada de 7 minutos.

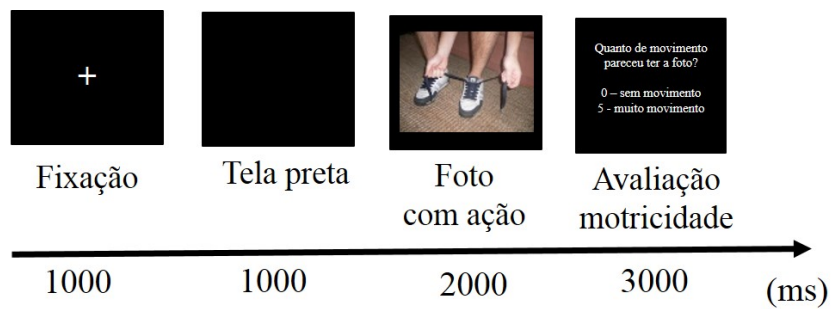


Figura 2. Desenho experimental referente ao experimento 2.

### 4.3.3 Experimento 3 - Efeito da observação de movimentos biológicos em excitabilidade cortical motora

Este experimento faz parte do doutorado da aluna Olívia Morgan Lapenta (bolsista da FAPESP). Seu desenvolvimento se deu em função dos resultados observados nos experimentos 1 e 2 e também para o estabelecimento de novos paradigmas de avaliação de observação de movimentos biológicos.

Inicialmente para que pudessemos elaborar a tarefa, os estímulos foram construídos da seguinte forma: Primeiramente foram pensados movimentos realizados no cotidiano (e.g., caminhar e apontar), bem como movimentos que, ainda que não realizados diariamente, são comuns ao cotidiano da população (e.g., passe de futebol, pular corda).

Para produzir os movimentos, dois estagiários caucasianos (um homem e uma mulher) atletas amadores foram convidados e aceitaram participar voluntariamente do estudo. Foram construídos 20 movimentos biológicos de pontos de luz e 40 movimentos embaralhados de pontos de luz na unidade Tamboré da Universidade Presbiteriana Mackenzie, em parceria com a Profa Sônia Cavalcanti do Laboratório de Ciências do Estudo do Movimento. Para realizar as filmagens dos movimentos os atletas foram



vestidos completamente de preto e 12 esferas de 3cm de diâmetro revestidas por material refletor de luz foram posicionadas sobre a roupa. Para produção dos movimentos biológicos as esferas foram posicionadas na testa, no centro da pélvis e nas articulações dos ombros, cotovelos, pulsos, joelhos e calcanhares. Para a produção dos movimentos embaralhados em pontos de luz, essas esferas foram distribuídas de forma aleatória, evitando o posicionamento nas articulações principais. Os atletas foram então posicionados sobre uma marcação do chão em uma sala protegida de incidência de luz, com o chão e paredes pretas e os atletas foram instruídos quanto aos movimentos que iriam realizar (20 ações humanas e 40 com pouca possibilidade de serem consideradas humanas).

Foram construídos, ainda, 20 movimentos biológicos reais, filmados em um estúdio fotográfico do Laboratório de Fotografia no campus Higienópolis da UPM. Para esta filmagem os atletas foram novamente vestidos de preto. Em seguida foram posicionados sobre uma marcação do chão em uma sala com o chão e paredes brancas e iluminação comum e com um holofote de iluminação direta sobre eles. Todas as filmagens foram feitas com a câmera posicionada sobre um tripé.

Todos os movimentos biológicos, reais e em pontos de luz, foram realizados e filmados três vezes por cada um dos atletas. Posteriormente, três jurados assistiram separadamente as três gravações de cada movimento e selecionaram aquela que melhor representava cada movimento. Cada um dos jurados realizou esse processo duas vezes, com intervalo de uma semana. A partir desses dados, obtiveram-se seis julgamentos a partir dos quais foram selecionadas as gravações de cada movimento com maior índice de concordância entre jurados na pré-seleção.

Após essa seleção, os estímulos foram editados utilizando o software de edição de vídeos *VegasPro* para apresentarem um ciclo de cada movimento (e.g., um passo) que

deveria ser realizado no tempo entre 900 e 1300ms. Nesse momento, dos 20 vídeos contendo os movimentos biológicos, 2 foram excluídos pois não foi possível obter um ciclo do movimento completo no período de 1s. Os vídeos de pontos de luz embaralhados foram editados similarmente, entretanto, nenhum dos vídeos foi excluído. Não é possível estabelecer o final de uma não-ação, assim, os vídeos embaralhados foram cortados em janelas de tempo de 900 a 1100 ms.

Por fim, submetemos os movimentos em pontos de luz a julgamento, visando selecionar dentre os PLbio os que fossem mais reconhecidos como movimento humano e, dentre os PLnbio aqueles que pudessem ser menos associados a movimentos humanos. Para tanto, 50 homens (5 canhotos, idade média  $26,66 \pm 4,60$ ) e 50 mulheres (9 canhotas, idade média =  $23,2 \pm 5,04$ ) assistiram aos vídeos e, após cada vídeo respondiam verbalmente a 3 questões: i.) o quanto o movimento observado parecia uma ação humana? (escala Likert de 5 pontos, sendo 1-nada parecido e 5-muito parecido), ii.) qual foi a ação realizada? e, iii.) foi possível identificar o gênero do ator? Se sim, por favor informe o gênero. (Figura 3)

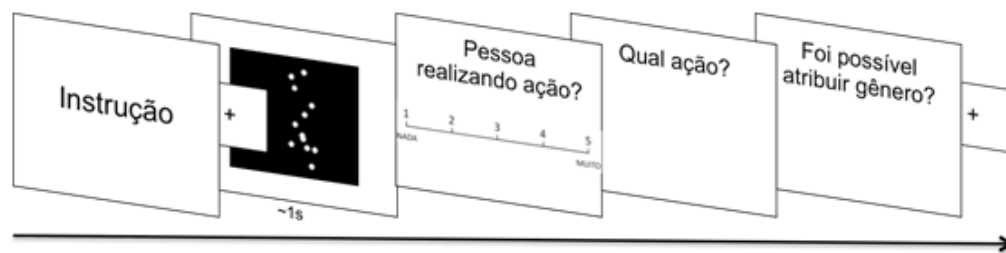


Figura 3 – Desenho experimental referente ao estudo piloto para seleção dos estímulos do experimento 3.

A partir deste experimento, selecionamos os vídeos em pontos de luz a serem utilizados em nossos experimentos. Para compor os vídeos de PLnbio aqueles que apresentassem porcentagem de atribuição de ação inferior a 50% em ambos os grupos feminino (F) e masculino (M) foram selecionados. Foi possível selecionar 14 vídeos.

Todos os vídeos tiveram nota média de até 2 pontos e desvio padrão de até 1,2 na escala Likert. Para compor os vídeos de PLbio o principal critério utilizado foi a porcentagem de acertos da ação apresentada. Assim, escolhemos como nota de corte os vídeos que apresentassem porcentagem de atribuição de ação correta superior a 60% em ambos os grupos F e M. Dessa maneira selecionamos 15 vídeos. Todos os vídeos apresentaram nota média superior a 4,5 e desvio padrão inferior a 0,8 na escala Likert. Os resultados detalhados do experimento piloto constam no apêndice 4. Ademais o estudo foi submetido sob forma de artigo científico e encontra-se em fase final de revisão no periódico internacional *Behavior Research Methods*.

As categorias dos vídeos utilizados no experimento foram as descritas a seguir:

*Movimento Biológico em pontos de luz (PLbio)* – 15 movimentos biológicos formados por pontos de luz, selecionados no estudo piloto. Os vídeos apresentam 12 pontos de luz sendo eles representativos de: pescoço, ombros, cotovelos, pulsos, pélvis, joelhos e tornozelos. A construção de displays de pontos de luz vem sendo realizada dessa forma desde sua descrição por Johansson (1973). Vídeos com duração aproximada de 1000ms.

*Movimento Biológico real (MR)* - 15 movimentos biológicos humano (e.g., correr, pular corda) realizados por dois atletas amadores caucasianos (um homem e uma mulher), correspondentes aos vídeos PLbio selecionados em estudo piloto. Vídeos com duração aproximada de 1000ms.

*Movimento Não-Biológico em pontos de luz (PLnbio)* – 14 vídeos gravados após distribuição das esferas refletoras de forma aleatória pelo corpo e os atletas que foram instruídos a realizar movimentos não usuais e que apresentassem pouca possibilidade de serem considerados humanos. Vídeos com duração aproximada de 1000ms.

*Estímulo Biológico Estático em pontos de luz (PLE)* – A partir da mesma metodologia utilizada para o estímulo de movimento humano em pontos de luz, vídeos dos atletas parados foram editados para duração aproximada de 1000ms.

Assim, a tarefa do experimento 3 foi composta por 112 trials experimentais aonde os pulsos magnéticos foram aplicados após 500ms do início de cada vídeo para coleta dos PMEs. Ademais por 20 vezes foram apresentados trials atencionais, que consistiram em uma pergunta comparando os dois últimos vídeos. Especificamente, os participantes foram orientados a responder o mais rápido e acuradamente possível, se o último vídeo visto era da mesma categoria que o anterior. A apresentação dos trials foi dividida em 8 blocos contendo 14 trials experimentais e de 2 a 3 trials atencionais. Os vídeos de movimento biológico real (MR), movimento biológico em pontos de luz (PLbio), movimento biológico estático em pontos de luz (PLE) e movimento não biológico em pontos de luz (PLnbio) foram apresentados nos blocos em ordem randomizada. Cada vídeo teve duração aproximada de 1000ms. Os trials foram apresentados como segue: Tela cinza anterior ao vídeo contendo ponto de fixação em preto no centro, que foi apresentada por 1000ms, em seguida foi apresentado o vídeo no qual o MEP é coletado e, após cada vídeo, uma tela cinza foi apresentada por 1000ms, seguida de outra tela cinza por tempo variável entre 7000 e 8000ms, garantindo, dessa forma que houvesse um intervalo mínimo de 10s entre cada pulso. Nos trials atencionais, após o vídeo, a tela cinza com duração de 1000ms continha a pergunta “vídeo igual ao anterior?” (Figura 4). Neste momento os participantes respondiam apertando um botão caso julguem que os dois últimos vídeos assistidos se encaixam na mesma categoria, caso contrário, o sujeito era instruído a não emitir resposta. As tarefas foram elaboradas de maneira que o software E-prime envia um sinal ao equipamento de estimulação magnética para que

este dispare o impulso magnético sobre o córtex motor do participante em janelas de tempo pré-estabelecidas. No caso deste experimento, o software foi programado para trigar a EMT 500ms após o início dos vídeos. Cada um dos vídeos que compõem as categorias MR, PLbio e PLnbio foram apresentados 2 vezes. Para a categoria PLE, que contém apenas 2 tipos de vídeo, cada um destes foi repetido por 12 vezes. A tarefa teve duração total de aproximadamente 20 minutos, sendo 2min30s o tempo aproximado de cada bloco. Tal divisão dos blocos permitiu realizar pequenos ajustes do posicionamento da bobina, caso necessário e, ainda que o participante fizesse pequenas pausas de descanso ao longo do experimento. Para realizar a medida de potencial motor evocado por eletromiógrafos posicionado no primeiro interósseo dorsal da mão direita, aplicamos pulso único em M1 contralateral a 110% do limiar motor. A categoria MR constituiu o controle de movimento biológico, visto que estudos prévios já demonstraram aumento da EC durante observação de ação. A categoria PLE constituiu a condição controle de forma humana em pontos de luz em ausência de movimento. Por fim a categoria PLnbio constituiu a condição controle de movimento dos pontos de luz sem forma humana. Assim, podemos avaliar se a excitabilidade cortical motora aumenta após PLbio e se isto ocorre de forma similar ao MR e, ainda, se esta ativação é relativa a junção da informação biológica e cinemática do movimento PLbio propriamente dito ou a outro tipo de ativação resultante da observação das características isoladas deste estímulo.

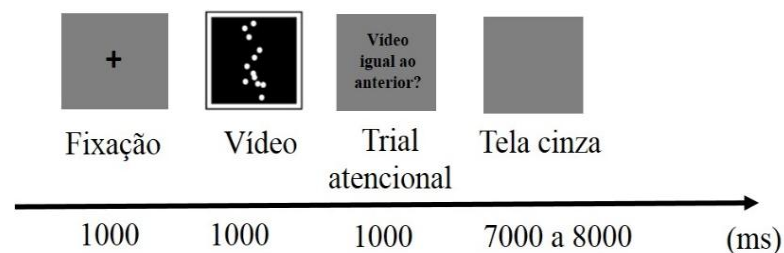


Figura 4. Desenho experimental referente ao experimento 3.

## **4.4 PROCEDIMENTOS**

### **4.4.1 Experimento 1**

Para recrutar voluntários para o grupo com autismo foi realizada uma parceria com o Centro de Referência ao Autismo da Santa Casa - CAISM. Os objetivos, métodos e possíveis riscos e benefícios do estudo foram apresentados aos pais e responsáveis dos pacientes por meio de reuniões. Para o recrutamento dos demais voluntários, a pesquisa foi divulgada na própria Universidade. Para aqueles que consentiram participar do experimento, foi agendada uma data para a realização do experimento no Laboratório de Neurociência Cognitiva e Social da Universidade Presbiteriana Mackenzie.

Todos os voluntários ou seus responsáveis forneceram o consentimento livre esclarecido por escrito ao chegarem no Laboratório. Em seguida, os participantes eram submetidos a aplicação dos subtestes Cubos e Vocabulário da Escala Wechsler de inteligência (WAIS III ou WISC III, de acordo com sua idade) e em seguida foram encaminhados para uma sala preparada para a realização do experimento. Inicialmente foi constatado o limiar motor do participante. O limiar motor foi definido como a intensidade mínima de EMT necessária para induzir potencial motor evocado (PME) no músculo alvo contralateral com amplitude de pico a pico  $> 50 \mu\text{V}$  em ao menos cinco entre dez aplicações. Esta medida foi utilizada para determinação de intensidade do pulso magnético aplicado (de acordo ainda com o tipo de medida a ser registrada, no caso, PME 110% do limiar motor).

A tarefa foi explicada detalhadamente e, ao sanarem-se todas as dúvidas quanto a mesma, o teste foi iniciado. Concomitante a tarefa, foram realizadas medidas com a

EMT que foram obtidas por estimulação do córtex motor primário (M1) esquerdo a 110% do limiar motor. Os PMEs do primeiro interósseo dorsal foram registrados por meio de eletromiógrafos. Os pulsos foram aplicados 500ms após início do trial.

### **4.3.2 Experimento 2**

O mesmo procedimento utilizado no experimento 1 foi adotado para constatar o hotspot e o limiar motor do participante.

A tarefa foi explicada detalhadamente e, ao sanarem-se todas as dúvidas quanto a mesma, o teste foi iniciado. Concomitante a tarefa foram realizadas medidas com a EMT que foram obtidas por estimulação do córtex motor primário (M1) esquerdo a 110% do limiar motor. Os PMEs do primeiro interósseo dorsal foram registrados por meio de eletromiógrafos. Os pulsos foram aplicados 400ms após o início da apresentação da foto alvo.

### **4.3.3 Experimento 3**

O mesmo procedimento utilizado nos experimentos anteriores (1 e 2) foi adotado para constatar o hotspot e o limiar motor do participante.

A tarefa foi explicada detalhadamente e, ao sanarem-se todas as dúvidas quanto a mesma, o teste foi iniciado. Concomitante a tarefa foram realizadas medidas com a EMT que foram obtidas por estimulação do córtex motor primário (M1) esquerdo a 110% do limiar motor. Os PMEs do primeiro interósseo dorsal foram registrados por meio de eletromiógrafos. Os pulsos foram aplicados 500ms após o início dos vídeos.

## **5. ASPECTOS ÉTICOS**

O estudo foi conduzido de acordo com os requerimentos do Comitê de Ética da Universidade Presbiteriana Mackenzie e também baseado nas recomendações estabelecidas na Declaração de Helsinki (1964), conforme emenda em Tóquio (1975), Veneza (1983) e Hong-Kong (1989).

Todos os pacientes tiveram pleno conhecimento dos objetivos e métodos do experimento assim como forneceram consentimento por escrito (termo de consentimento). Além disso, foram devidamente avisados de que todas as informações fornecidas serão estritamente sigilosas.

## **6. ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Considerando a avaliação cognitiva, todos os participantes foram submetidos a aplicação de dois subtestes, Cubos e Vocabulário da Escala Wechsler de Inteligência. Foram computadas as médias dos escores de cada grupo nestes subtestes.

Considerando os dados fisiológicos coletados a partir dos pulsos magnéticos, para todos os experimentos calculou-se o valor da amplitude de pico a pico dos potenciais motores evocados. Foram eliminados os trials em que o valor obtido foi inferior a um MEP (i.e., < 50microvolts) e também dados contaminados pela presença de contração muscular anterior a indução do pulso magnético. Foram excluídos os sujeitos que apresentaram menos de 4 PMEs válidos por categoria por inviabilizar a análise.

A análise dos dados foi realizada utilizando o software SPSS (versão 18.0) considerando alfa = 5%.



## **6.1 Experimento 1**

A partir dos dados coletados, foi realizada a média de todos os valores de PMEs válidos para cada categoria de estímulo. Ou seja, para cada voluntário nas categorias: observação de movimento biológico e observação de movimento não biológico.

A seguir, realizamos duas ANOVAs: uma para os dados dos grupos adultos e outra para os dados dos grupos infantis. Para ambas as análises foram considerados os seguintes fatores: Grupo (TEA vs Controle) e Estímulo (Biológico vs Não biológico).

## **6.2 Experimento 2**

Foi feita a média de todos os valores de PMEs válidos para cada categoria de estímulo. Ou seja, para cada voluntário nas categorias observação de movimento biológico sem interação social, observação de movimento biológico com interação social e observação de objetos estáticos.

A seguir, realizamos uma ANOVA para medidas repetidas, considerados como fatores: Grupo (TEA vs Controle) e Estímulo (Não Biológico vs Biológico Sem Interação vs Biológico com Interação).

Por fim, para análise de dados comportamentais relativos a avaliação de movimento percebido nas fotos, apenas os participantes do grupo controle conseguiram realizar esta tarefa. Para análise de tais dados, realizamos uma ANOVA para medidas repetidas considerando como fatores: Estímulo (Não Biológico vs Biológico Sem Interação vs Biológico com Interação) e Gênero (Homens vs Mulheres).

### **6.3 Experimento 3**

Para cada voluntário foi calculado a média dos PMEs coletados nas categorias biológicos em pontos de luz, não-biológicos em ponto de luz, biológicos reais e pontos de luz estáticos com forma humana.

A seguir, realizamos uma ANOVA uni variada para avaliar diferenças de excitabilidade cortical (EC) considerando o fator Estímulo (PLbio vs. PLnbio vs. MR vs. PLE).

## **7. RESULTADOS**

### **7.1 Experimento 1**

O experimento 1 foi composto por 4 grupos. Sendo 2 grupos de adultos e 2 grupos de crianças. O grupo controle de adultos foi composto por 20 participantes. Já o grupo experimental de adultos com transtorno do espectro do autismo foi composto por 4 voluntários (idade média =  $22,25 \pm 4,34$ ). Considerando o grupo controle, todos os participantes realizaram o procedimento completo porém, 8 participantes foram excluídos por não haver PME suficiente para análise pois foram removidos os trials que não apresentavam PME ou que foi constatada contração muscular pré PME. Portanto, foram incluídos na análise 12 voluntários com desenvolvimento típico (média de idade  $23,25 \pm 3,36$ ). Considerando o grupo TEA, apenas dois dos participantes realizaram todo o procedimento, sendo possível analisar os dados de excitabilidade cortical apenas de um (idade = 19 anos), visto que, não foi possível salvar o número suficiente de dados de potencial motor evocado para análise de um dos pacientes.

O grupo controle de crianças foi composto por 10 voluntários com desenvolvimento típico (média de idade =  $10,3 \pm 2,0$ ) porém, não foi possível salvar

dados do potencial motor evocado suficiente para análise de 8 crianças. O grupo de crianças com autismo foi composto por 10 voluntários (média de idade =  $10,1 \pm 1,3$ ), porém apenas 2 crianças tiveram seus dados analisados.

A dificuldade em conseguir dados suficientes para análise desses grupos teve como principais motivos: i) agitação motora durante a tarefa, ii) falta de direcionamento atencional para a apresentação dos estímulos, iii) ecolalia verbal e/ou imitação dos movimentos apresentados nos experimentos. As informações detalhadas relativas aos comportamentos que permitiram ou não a realização da tarefa pelos participantes com TEA estão descritas a seguir.

Além das reuniões ocorridas no Centro de Referência ao Autismo da Santa Casa - CAISM para apresentação do estudo, visitas semanais para observação dos grupos de atendimento foram realizadas com o intuito de recrutar outros pacientes que já haviam sido triados pelos profissionais que trabalham no ambulatório. Porém, a partir da observação do grupo terapêutico, sete pacientes que haviam sido triados como potenciais para participação do estudo, foram excluídos devido a características comportamentais como: ecolalia, estereotipias motoras, agitação psicomotora, agressividade e histórico de convulsão.

Dessa forma, após essa triagem inicial, foram selecionados e compareceram ao Laboratório de Neurociência Cognitiva e Social, o total de 10 pacientes com autismo com idades entre 8 e 12 anos e 4 pacientes com autismo adultos com idades entre 18 e 26 anos.

A descrição a seguir apresenta os comportamentos desses pacientes durante a coleta de dados dos experimentos. A partir das descrições realizadas pode-se compreender a exclusão de 8 participantes do experimento 1 e de todas as crianças dos experimentos 2 e 3.

***Crianças:***

R.K.M – 12 anos - Mexia o corpo durante o procedimento de localizar o *hotspot* e durante a coleta. Nos momentos em que eram emitidos os pulsos magnéticos, movimenta-se na cadeira e tremia o corpo. Além disso, ao longo do experimento 1, imitava o movimento de preensão em pinça mostrado no vídeo. Ao final do experimento 1 estava bastante agitado e não foi possível dar continuidade para o experimento 2, devido sua agitação e também por conta do nível de complexidade da tarefa, uma vez que, o paciente demonstrou que não estava entendendo as orientações de não imitar o movimento que era visto.

G.S.V. – 8 anos – Apesar da dificuldade em manter a atenção durante o experimento 1, o mesmo foi coletado com êxito, porém o experimento 2 não foi possível concluir, pois o participante se recusou a manter-se sentado com os eletrodos do eletromiógrafo em sua mão.

G.P – 11 anos – O paciente estava tranquilo e colaborativo durante todo o experimento 1, porém ao final do experimento estava cansado e impaciente não sendo possível coletar o experimento 2.

E. A. P. – 11 anos – O paciente estava tranquilo, porém com o passar do tempo durante o a localização do hotspot, começou a ficar impaciente e movimentar-se na cadeira. Ficamos aproximadamente 45 minutos e não foi localizado o hotspot.

R.S.G - 11 anos – O paciente se mostrou impaciente logo no início da procura do hotspot. Após 1 hora de tentativa e com intensidade de 49% não conseguimos localizar o hotspot.

L.K.H.T. – 11 anos – Apesar de sua agitação psicomotora, foi fácil localizar seu hotspot e limiar motor. O experimento 1 foi interrompido pois o paciente além de se movimentar muito na cadeira, dizia que sentia dores nos pés, e que “*os pés não queriam ficar quietos*” (sic). Após essa interrupção e pausa, o experimento 1 foi iniciado novamente e concluído. Ao terminar, o próprio paciente começou a retirar os eletrodos do eletromiógrafo e não quis realizar o experimento 2, mesmo com a insistência de sua mãe que o acompanhava.

G.D.C. – 9 anos – O paciente estava tranquilo até o momento do início do experimento. Após cada pulso magnético emitido, o paciente se movimentava na cadeira. Mesmo após as instruções e solicitações das pesquisadoras e de sua mãe, o mesmo continuou a se mover e repetiu o que lhe era falado. Dessa forma, o experimento não foi concluído.

R.G.S.D.L. – 8 anos – O paciente apresentava grande interesse por fios e eletricidade. Fixou sua atenção nos equipamentos, recusando-se a engajar na tarefa. Estava muito agitado e não manteve-se relaxado na cadeira. Sua mãe utilizou diferentes estratégias para mantê-lo concentrado (como lhe oferecer interruptores que tipicamente o mantém tranquilo), mas não foi possível realizar os experimentos.

L.R.L.P.D – 10 anos - Apesar de ter apresentado bom desempenho nas avaliações cognitivas, o paciente não engajou-se na tarefa. Apresentou muitos movimentos estereotipados enquanto estava sentado na cadeira, o que impossibilitou a localização do *hotspot*.

R.G – O paciente mostrou resistência em todos as etapas do procedimento, recusando a responder as avaliações cognitivas e na coleta dos dados fisiológicos. No momento da colação dos eletrodos do eletromiógrafos relatou estar com dor e coceira devido a colocação dos esparadrapos.

***Adultos:***

L. A. S. B – 26 anos – Após conversa inicial sobre histórico médico com a mãe, a mesma relatou que o paciente teve episódios de crises convulsivas. Portanto, não foi realizado experimento 1 que consistiu apenas em coleta de dados fisiológicos, sendo portanto realizado o experimento 2 apenas solicitando as respostas orais dos participantes para descrição do tipo de imagem observada.

S.S.F. – 19 anos - O paciente apresentava ecolalia, porém tinha boa compreensão do que lhe foi pedido e explicado. Apresentou um pouco de agitação motora, o que ocasionou demora para achar o *hotspot* do paciente. Durante a localização do hotspot, foram colocadas músicas temas de festa junina para entreter o paciente.

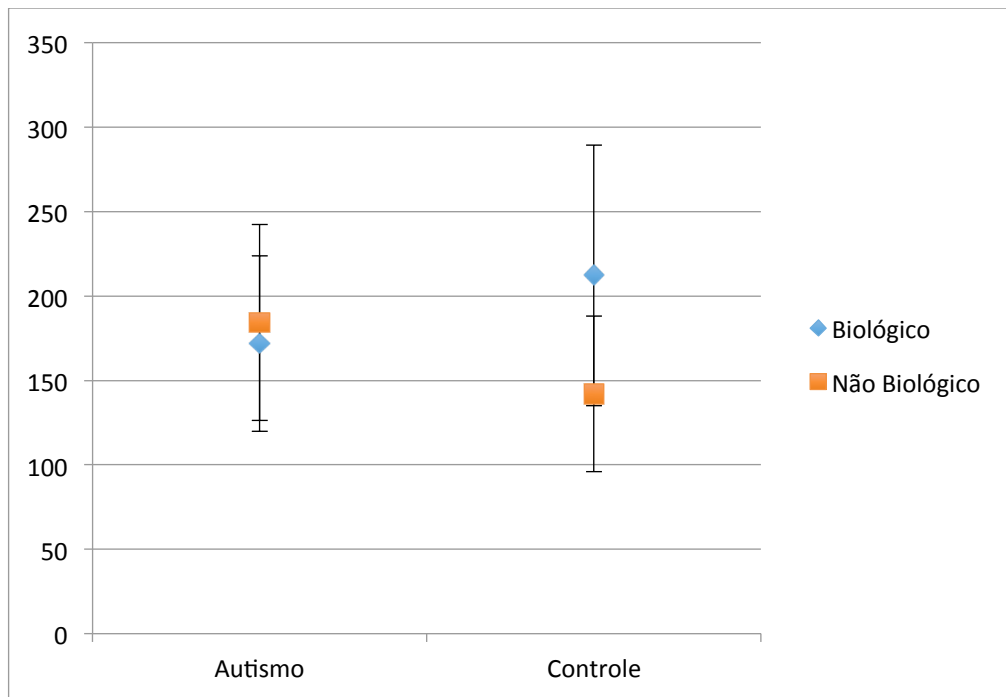
B.R.S. – 26 anos – No momento em que foi colocada a bobina da EMT em seu braço para demonstração (procedimento adotado para explicar a sensação que o paciente poderia sentir), o mesmo disse sentiu dor. Dessa forma, esperamos um tempo

para dar continuidade aos procedimentos e conversamos com o paciente. Após retomarmos os procedimentos, ele deixou colocar a bobina sobre o escalpe. Foi iniciada a localização do hotspot. Após a localização do hotspot e detecção do limiar, o paciente agitou-se e voltou a relatar estar sentindo dor quando aplicado o pulso, impedindo a coleta de dados.

A.P. – 18 anos - O paciente chegou ao laboratório muito sonolento. A responsável, após ser questionada sobre a administração de algum medicamento por parte do paciente, a mesma disse que ele havia tomado ansiolíticos. Além disso, na conversa inicial sobre histórico médico, revelou que o mesmo havia tido um episódio convulsivo no final de 2014. Por essa razão, iniciamos o experimento 2 apenas para a coleta de dados comportamentais, porém o paciente se recusou a responder, e tornou-se extremamente agressivo após as tentativas motivacionais da mãe, iniciando uma tentativa de agressão física em uma das pesquisadoras.

Considerando os dados cognitivos, no grupo de crianças com autismo, 2 dos 10 voluntários não conseguiram realizar nenhum dos dois subtestes. O escore médio dos 8 participantes restantes no subteste vocabulário foi  $14,5 \pm 6,13$  e no subteste cubos foi  $16,5 \pm 26,21$ . No grupo controle de crianças típicas, as médias foram de  $45,6 \pm 6,8$  para vocabulário e  $36,6 \pm 7,5$  para cubos. No grupo controle de adultos, todos realizaram os subtestes, sendo a média e o desvio-padrão de  $51,6 \pm 6,82$  e  $48,9 \pm 5,19$ , para os subtestes cubos e vocabulários, respectivamente. Por fim, no grupo de adultos com autismo, dos 4 voluntários, um não conseguiu realizar os subtestes, dessa forma para o subtestes cubos a média foi de  $15,3 \pm 13,31$  e para vocabulário  $6,6 \pm 1,5$ .

Considerando os dados fisiológicos, não foram relatados, em nenhum dos grupos, desconfortos consideráveis devido a técnica de EMT. No grupo de voluntários crianças (Ntea=2, Ncont=1), o grupo TEA apresentou médias e desvio-padrão de potencial motor evocado durante observação do vídeo de movimento biológico de  $171,84 \pm 1,99$  e de movimento não-biológico  $184,31 \pm 58,13$ . Já a criança controle apresentou médias e desvio-padrão de  $212,26 \pm 77,27$  para observação de movimento biológico e de  $141,92 \pm 46,04$  para movimento não biológico.



No grupo dos voluntários adultos (Ntea=1, Ncont=12), o grupo controle apresentou médias e desvio-padrão de potencial motor evocado durante observação do vídeo de movimento biológico de  $369,02 \pm 191,09$  e de movimento não-biológico de  $370,14 \pm 203,33$ . Já o adulto TEA apresentou médias e desvio-padrão de  $266,6 \pm 55,84$



para observação de movimento biológico e de  $296,61 \pm 148,15$  para movimento não biológico.

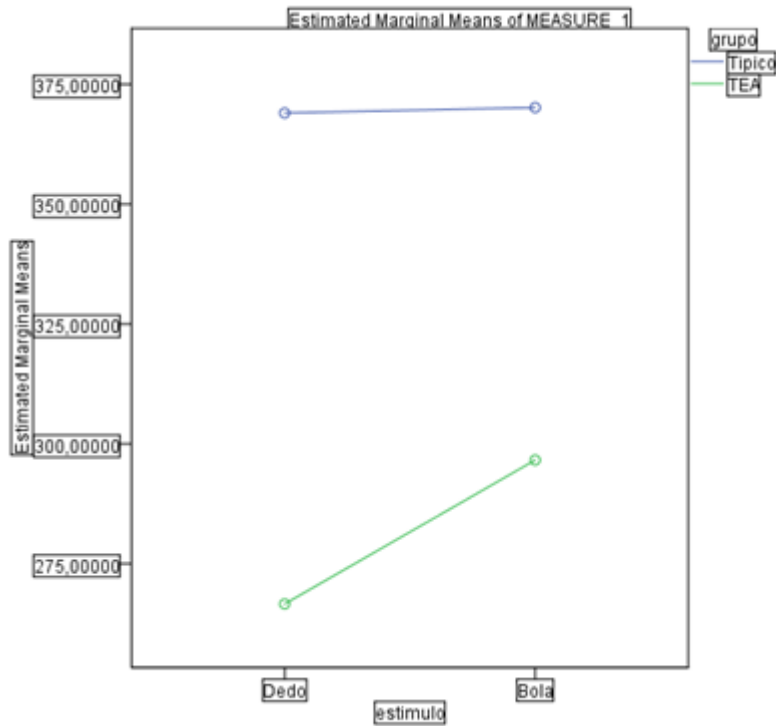


Figura 5 – Valores médios dos PMEs de cada grupo (típico e TEA) durante observação dos estímulo (Dedo e Bola).

## 7.2 Experimento 2

O experimento 2 foi composto por 20 voluntários adultos saudáveis. Porém 5 participantes adultos foram excluídos por não haver PME suficiente para análise. Portanto, foram incluídos na análise 15 adultos com desenvolvimento típico (idade média = 23,8 SD= +- 3,58). Já no grupo com autismo, participaram do experimento 2 voluntários. Devido à complexidade da tarefa e sua duração, apenas 1 adulto com transtorno do espectro do autismo (idade = 19 anos) apresentou PME suficiente para

análise. Com descrito anteriormente, não foi possível coletar os dados do experimento 2 com a grande parte dos pacientes.

Não foram relatados, em nenhum dos grupos, desconfortos consideráveis devido a técnica de EMT.

Considerando os dados cognitivos todos realizaram os subtestes, sendo, para o grupo controle a média e o desvio-padrão de  $48,8 \pm 4,27$  e  $50,6 \pm 5,06$  para os subtestes cubos e vocabulário, respectivamente, e o escore do paciente autista foi 0 no subteste cubos e 5 no subteste vocabulário.

Considerando os dados fisiológicos, o grupo controle apresentou médias e desvio-padrão de PME de  $301,19 \pm 129,89$  para objetos,  $295,60 \pm 111,11$  para ação sem interação social e  $334,66 \pm 143,34$  para ação com interação social. Já o paciente com autismo apresentou médias e desvio-padrão de PME de  $355,01 \pm 204,20$  para objetos,  $292,91 \pm 98,91$  para ação sem interação social e  $298,44 \pm 90,45$  para ação com interação social.

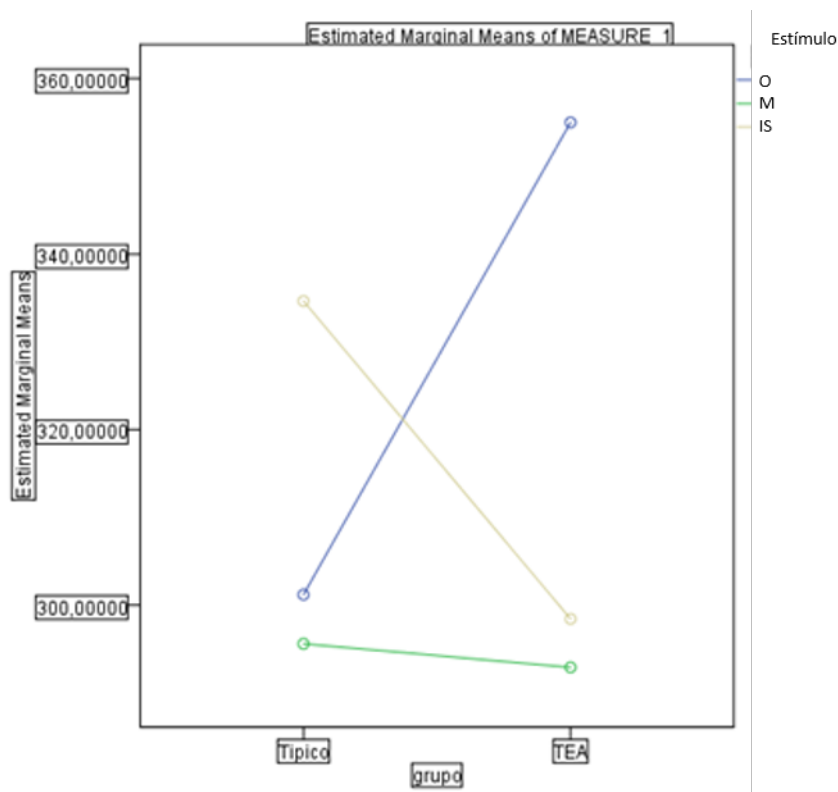


Figura 6 – Valores médios do PMEs obtidos a durante observação dos estímulos. (O = objeto estático, M = movimento sem interação social e IS =movimento com interação social) de acordo com o grupo (típico e TEA).

Considerando os dados comportamentais de avaliação de movimento, a ANOVA para medidas repetidas realizada com os dados do grupo controle, considerando como fatores: gênero e estímulo (Não Biológico vs Biológico Sem Interação Social vs Biológico com Interação) não revelou efeitos significativos para o fator gênero ou interação gênero\*estímulo. Entretanto, foram observados efeitos significativos apenas para o fator estímulo ( $F_{1,14}=103,28$ ;  $p<0,001$ ;  $\eta^2= 0,881$ ) Testes-t para amostras pareadas foram aplicados para análise post-hoc revelando diferenças significativas entre as avaliações de movimentos de objeto em relação a biológico sem interação; objeto em relação a biológico com interação e ainda entre biológico com e sem interação social (Tabela 1). Como pode ser observado na figura 7, os participantes atribuíram maior sensação de movimento nas fotos contendo movimento biológico com interação social ( $3,37\pm 1,18$ ) em relação às demais categorias e, ainda, atribuíram maior sensação de movimento nas fotos contendo movimento biológico sem interação social ( $2,85\pm 1,11$ ) em relação às fotos de objetos ( $0,12\pm 0,15$ ).

Tabela 1 – Resultados da comparação dos pares por Teste-t, apresentando os valores de t, grau de liberdade (df) e p. A partir da comparação das avaliações dos estímulos O (objeto estático) vs M (movimento sem interação social); O vs IS (movimento com interação social) e M (movimento sem interação social) vs IS.

Par	t	df	p
O vs M	-8,867	14	<,001
O vs IS	-10,163	14	<,001
M vs IS	-4,898	14	<,001

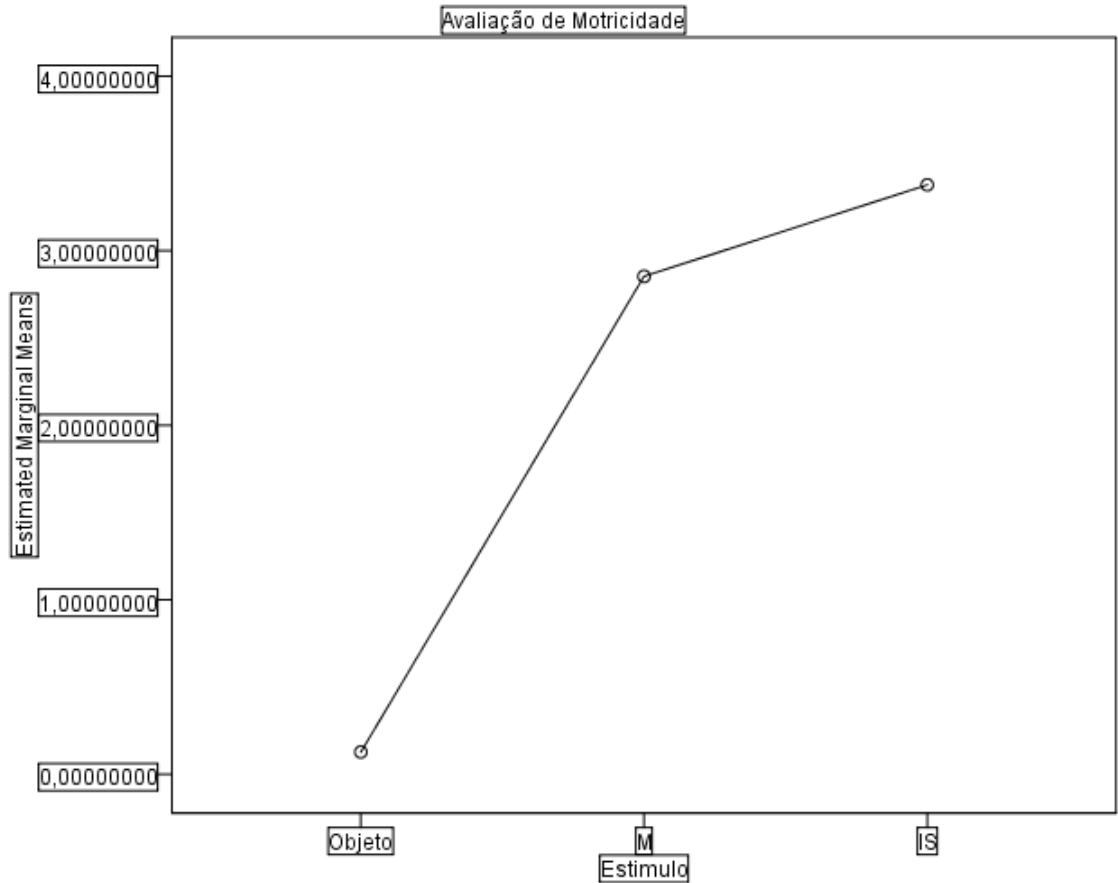


Figura 7 – Valores médios do julgamento dos participantes com relação a sensação de movimento nas fotos apresentadas de acordo com a categoria do estímulo (O = objeto estático, M= movimento sem interação social e IS= movimento com interação social).

Além disso, devido à dificuldade na avaliação da motricidade da imagem apresentada nesse experimento pelos voluntários adultos com autismo, foi solicitado que os mesmos descrevessem a ação contida nas imagens com e sem interação social e identificassem os objetos estáticos também apresentados (Tabela 2).

Tabela 2 - Respostas pronunciadas no momento da realização da tarefa. **IS** corresponde ao estímulo da categoria de movimento biológico com interação social; **O** se refere a categoria de objetos estáticos e **M** corresponde a categoria de movimento biológico sem interação social.

\*\* Para o participante S.F.F. as lacunas sinalizadas com o símbolo “-” indicam a omissão de resposta por parte do participante.

<b>Categoria do estímulo</b>	<b>Participante S.F.F.**</b>	<b>Participante L.A.S.B.</b>
IS1	abraço	abraço
IS2	abraçando	abraço
IS3	livros	livro
IS4	-	sacola
IS5	-	briga
IS6	bolo	bolo
IS7	penteadado	cabelo
IS8	resfriado	pessoa
IS9	blusa	frio
IS10	colo	degrau
IS11	parado na casa	coca
IS12	flores	árvore
IS13	-	comer bolo
IS14	dança	dança
IS15	escada	escadona
IS16	óculos	óculos
IS17	caderno	livro

IS18	mochila	mochila
IS19	sentar	banco/cadeira
IS20	cadeira	cadeira
O1	coberta	toalha
O2	mesa	mesa
O3	som	caixa de som
O4	som	caixa de som
O5	vaso	vaso
O6	guarda-roupa	armário
O7	travesseiro	travesseiro
O8	cadeira	cadeira
O9	toalha	toalha
O10	casa	casa
O11	–	tomada
O12	casa	casa
O13	guarda-roupa	armário gaveta
O14	travesseiro	travesseiro/almofada
O15	televisão	computador
O16	mesa	mesa
O17	–	mesa
O18	televisão	computador
O19	casa	casa

O20	caixa de som	som
M1	apontando lápis	apontador
M2	sapato	tênis
M3	chave	chave
M4	–	colocar leite
M5	–	colocar no pescoço
M6	música	CD
M7	meia	meia
M8	tesoura	cavalo
M9	tomate	tomate
M10	cama	cama
M11	banana	banana lixo
M12	xadrez	dominó
M13	lavar louça	lavar louça
M14	ligar televisão	televisão
M15	café	café
M16	computador	computador
M17	amarrando	colocar o tênis
M18	–	suco
M19	violão	violão
M20	dedo	–

### 7.3 Experimento 3

O experimento 3 foi composto apenas por voluntários adultos com desenvolvimento típico. Em função da não-observação de modulação da excitabilidade cortical por meio das tarefas desenvolvidas nos experimentos 1 e 2 e da dificuldade observada para coletar dados de participantes com autismo nas tarefas propostas, este experimento teve como objetivo o desenvolvimento de uma nova tarefa.

Foram coletados dados de 18 voluntários (10 mulheres; idade média = 23,65 SD= +3,56). Não foram relatados desconfortos consideráveis devido a técnica de EMT. Entretanto, 4 participantes relataram eventuais contrações involuntárias da pálpebra, o que foi atribuído a dispersão do pulso magnético sob nervo facial.

Não foram coletados dados dos subtestes de inteligência dos voluntários deste grupo por ser composto apenas por adultos típicos.

Considerando os dados fisiológicos, a ANOVA univariada revelou efeito significativo para o fator Estímulo ( $F_{1,17} = 6,91$ ;  $p = ,018$ ;  $np^2 = ,289$ ). Análise de post hoc de Fisher LSD revelou que tal efeito significativo se deve à resposta de PME de menor amplitude na categoria pontos de luz estáticos organizados em forma humana (PLE) em relação aos movimentos biológicos reais (MR) ( $p = ,026$ ), movimentos biológicos formados por pontos de luz (PLbio) ( $p = ,017$ ) e movimentos não biológicos formados por pontos de luz (PLnbio) ( $p = ,030$ ) (Figura 7).

Além disso, se observou valores de amplitude de PMEs mais altos durante observação de todos os movimentos, i.e., movimentos reais (média=311,19±101,95), de movimentos biológicos em pontos de luz (média=318,77±113,31) e de movimentos não biológicos em pontos de luz (média=302,47±107,86) em relação ao vídeo de forma humana sem movimento (média=262,46±86,43).



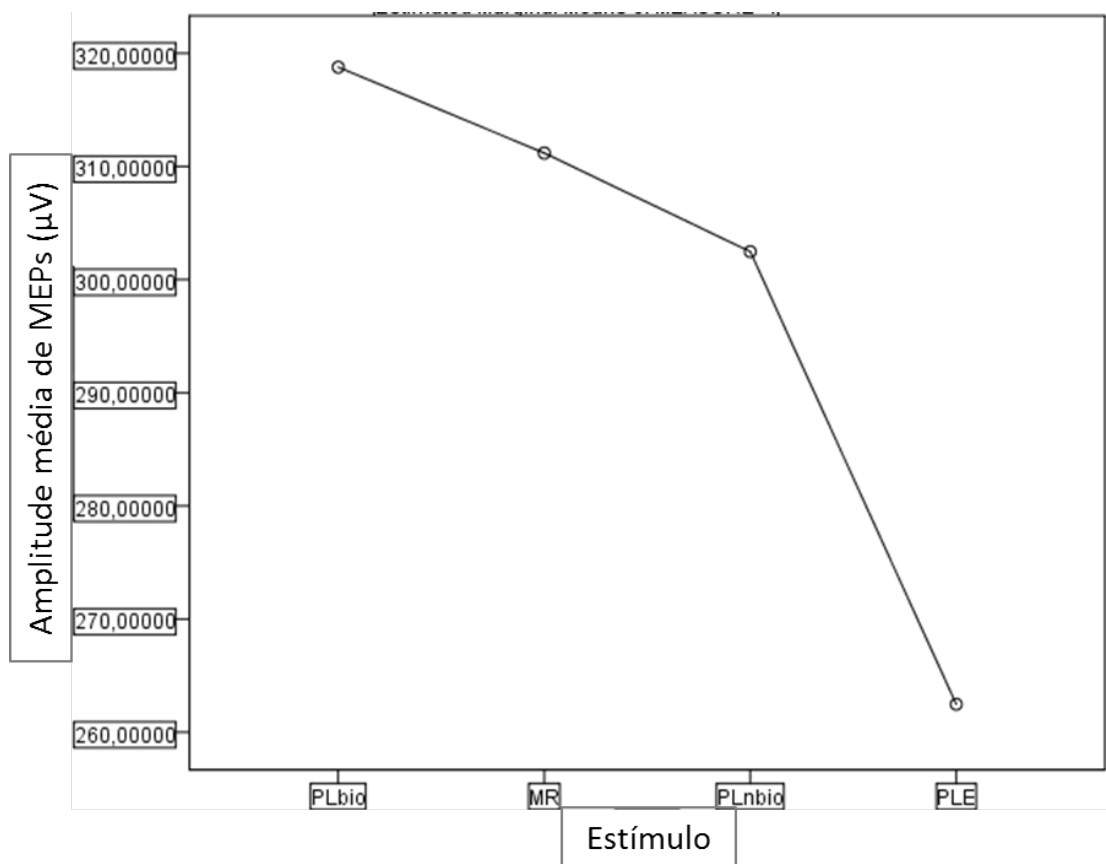


Figura 8 – Gráfico da amplitude pico a pico da média dos PME's (em microvolts) coletados em cada uma das categorias de vídeos (PLbio= movimento biológico em pontos de luz, MR= movimento biológico real, PLnbio= movimento não biológico em pontos de luz, PLE= forma humana estática em pontos de luz).

## 8. DISCUSSÃO

O projeto teve como objetivo principal avaliar, com o uso de medidas de excitabilidade cortical, a participação do córtex motor primário no processamento de informações biológicas e não biológicas, com ou sem movimento. A descoberta do Sistema de Neurônios em Espelho, as teorias de mentalização e a hipótese de que há alteração nas circuitarias cerebrais subjacentes à processamento de informação sobre si

e sobre o outro no autismo, promoveu a busca por estratégias que possibilitassem testar, de forma não-invasiva, a importância da circuitaria em espelho em tarefas relacionadas a mentalização e, ainda, se e como a alteração desses sistemas pode estar envolvida em falhas de processamento em população com transtorno do espectro do autismo. Nesse cenário, alguns estudos passaram a considerar o uso de ferramentas não-invasivas de estimulação cerebral como a Estimulação Magnética Transcraniana em população saudável e pacientes com autismo (Fadiga et al., 1995; Roosink, Zijdwind, 2010; Enticott et al., 2010; Pedapati et al., 2016).

Assim, este projeto baseou-se na literatura recente envolvendo medidas de excitabilidade cortical e modulação cerebral, em detalhes na Introdução, bem como em experiências prévias do grupo nas áreas de neuromodulação e de descrição de ritmos oscilatórios de eletroencefalografia de alta densidade característicos do sistema de observação e mentalização motora.

Em sua proposta inicial, o projeto contemplava dois experimentos, com intuito de avaliar possíveis diferenças nos mecanismos neurais subjacentes ao processamento de vídeos e imagens humanas e não humanas, contendo movimento em 3 níveis de complexidade. Especificamente, o intuito era verificar diferenças de processamento neural de movimento biológico vs não biológico e, ainda se há um maior recrutamento das áreas motoras de acordo com a complexidade do movimento (múltiplas articulações vs articulação única) e com a presença de fator social (interação social vs sem interação social).

Assim, o primeiro experimento foi construído tendo como base, estudos prévios do grupo na área de observação e mentalização motora de movimentos biológicos e não-biológicos. Os vídeos de movimento em pinça e movimentação de duas esferas em mesma amplitude do dedo do vídeo biológico foram construídos e utilizados em um

estudo do grupo avaliando efeito da estimulação transcraniana por corrente contínua associada a observação e mentalização de ação nos padrões eletroencefalográficos tipicamente relacionados a percepção de movimento. Em tal estudo evidenciamos, além de efeitos polaridade-dependente e tarefa-dependente da ETCC no ritmo alfa sensório-motor (denominado ritmo Mu), que após a estimulação placebo a observação e mentalização de movimento biológico levou a supressão de Mu da região da mão em M1 contralateral ao movimento. Em contrapartida, na observação e mentalização do vídeo de movimento não-biológico observou-se a sincronização deste mesmo ritmo (Lapenta et al., 2013). Acredita-se que a supressão de Mu indique a ativação das áreas sensório motoras e, que a sincronização deste ritmo reflita situação de repouso, permitindo estado de prontidão para a próxima situação de movimento (Klimesch et al., 2007). Sendo assim, selecionamos tais vídeos para compor o experimento 1, visto que, os dados de registro eletroencefalográfico apontaram sua adequação a proposta em relação a recrutamento de circuitaria motora durante observação do movimento em pinça e não recrutamento durante observação do movimento das esferas.

Com base nisto, o experimento 1 buscou avaliar com a EMT possíveis diferenças no padrão de excitabilidade cortical durante observação de movimentos biológicos e não biológicos entre população autista e com desenvolvimento típico de crianças e adultos. Conforme descrito na seção de Resultados, diferentes obstáculos foram encontrados fazendo com que a amostra final de crianças com e sem TEA fosse pequena bem como a amostra de adultos com TEA. Já conduzimos estudos com grupos de pacientes com autismo em nosso laboratório com técnicas como a eletroencefalografia e o registro de movimentos oculares. Em geral, levamos em consideração perdas amostrais pelas características comportamentais desse grupo. No entanto, observamos neste experimento uma dificuldade elevada para o registro das

medidas de excitabilidade cortical com o uso de EMT. Ao contrário do EEG, a bobina de EMT não fica fixa na cabeça do participante tornando a coleta de dados bastante comprometida quando na presença de muitos movimentos. Isso aconteceu de forma bastante acentuada. Além disso, a coleta com o grupo de crianças típicas também foi bastante complicada. O barulho da TMS e a resposta motora que ela induz, fez com que mesmo o grupo típico de crianças ficasse inquieto e em pouco tempo solicitasse interrupção do experimento. Nesse sentido, apesar de alguns estudos utilizarem a técnica para estudar aspectos relacionados ao autismo e ao desenvolvimento, aqui ressaltamos a grande dificuldade no uso dessa técnica com crianças. Com isso, registramos para futuros grupos que considerem diferentes tecnologias e a necessidade de cada uma para o tipo de pergunta de pesquisa que se deseja responder avaliando assim custo e benefício.

O número restrito de participantes no experimento 1 inviabilizou análise inferencial dos dados. Apesar de não ser possível comparar estatisticamente os dados, considerando apenas a análise descritiva, pode-se perceber no grupo de crianças que o voluntário típico apresentou maior PME em observação de movimento biológico em relação a não biológico. Os dados das crianças com TEA indicam ausência dessa diferença de excitabilidade cortical entre movimentos biológicos e não-biológicos. Tais resultados reforçam a ideia de diferenças na circuitaria de neurônio em espelho da população com TEA (Hadjikhani et al., 2006) e corrobora dados prévios da literatura mostrando ausência da supressão de Mu nessa população durante observação de movimento biológico, evidenciado por eletroencefalografia (Oberman et al., 2005 ; Bernier et al., 2007) e, ainda, menores padrões de excitabilidade cortical em população com TEA em relação a grupo controle evidenciados por EMT ao observar movimentos da mão (Theoret et al., 2005; Enticott et al., 2012).

Considerando os dados do grupo de adultos, observam-se valores de excitabilidade inferiores tanto para movimentos biológicos quanto não biológicos para o paciente com autismo em relação ao grupo controle. Os estudos prévios relatando menor EC, acessada por EMT, em TEA em relação a grupo controle se utilizaram apenas de estímulos biológicos. Theoret et al. (2005) utilizou diferentes categorias de movimento de mãos, enquanto Enticott et al. (2012) apresentou apenas vídeos biológicos de mão estática ou em movimento. Sendo assim, nossos dados sinalizam a possibilidade de um padrão de ativação diferenciado nessa população, independente do contexto biológico. Dessa maneira, tal resultado reforça modelos prévios relativos a uma reverberação de movimentos externos observados na representação motora própria, sinalizando um distanciamento no estabelecimento de relações entre o mundo exterior e os mapas funcionais cerebrais próprios.

Por fim, considerando que diferenças entre observação de movimento biológico e não biológico já foram evidenciadas por eletroencefalografia em população de crianças e adultos (e.g., Lepage e Theoret, 2006; Lapenta et al., 2013) e diferenças específicas para processamento de movimento biológico foi demonstrado em população com TEA por diferentes grupos (Oberman, 2005; Bernier, 2007, 2013) esperávamos uma alteração específica de excitabilidade cortical durante observação de movimentos biológicos. Entretanto, vale ressaltar que estudos prévios buscando correlacionar as medidas de EC e ritmo Mu mostram ausência de correlação entre tais medidas. Sendo assim, estas podem refletir processamentos neurais diferentes ainda que relacionados a tarefas similares (Lepage et al., 2008).

O experimento 2 buscou avaliar possíveis diferenças de excitabilidade cortical entre movimento individual ou com interação social. Tal conceito partiu de estudos prévios mostrando aumento de excitabilidade cortical em população com TEA durante

observação de comportamento com interação ou relevância social (Oberman et al., 2008, Enticott et al., 2013). No estudo de Oberman e colaboradores (2008) foi evidenciado aumento da EC em população com autismo ao observarem um movimento realizado por um familiar em comparação com o mesmo movimento realizado por um desconhecido. Ademais, Enticott e colaboradores (2013) mostraram maior EC durante observação de movimento de interação relacionado com componente afetivo negativo (especificamente, movimento de afastamento de mãos), tanto para grupo típico quanto para TEA. Em ambos estudos citados, os autores argumentam quanto a relevância do estímulo e, portanto, em nosso experimento 2 buscamos identificar se o componente afetivo, embutido significado emocional nas ações teria efeito de aumento da excitabilidade cortical. Ademais, visto que tais evidências foram demonstradas em movimentos simples de uma parte do corpo, buscamos avaliar tais diferenças durante observação de cenas de interação social contendo os agentes das ações. Tal investigação é altamente relevante para melhor compreensão das dificuldades de compreensão dos movimentos do outro e de interações sociais observadas em TEA (Rapin, 1997).

Para elaboração da tarefa utilizamos imagens criadas pelo próprio grupo que já foram utilizadas em pesquisas prévias no contexto de percepção de ações e mostraram-se válidas para avaliar percepção e antecipação da finalização das ações (Giglio et al., 2014). O experimento foi realizado apenas com adultos, devido às dificuldades já mencionadas com o grupo de crianças e, ainda à complexidade da tarefa comportamental de avaliação de motricidade. Foram convidados participantes para compor dois grupos: desenvolvimento típico e TEA. Entretanto, os adultos com TEA não conseguiram atender às instruções da tarefa e, portanto, foi solicitado que enunciassem em voz alta, na tela destinada a emissão de resposta, o que observaram na foto exposta. Tal estratégia foi empregada visando garantir o direcionamento atencional

à observação da foto. Referente aos dados fisiológicos, foi possível registrar o padrão de excitabilidade cortical em 15 adultos típicos e 1 paciente. Novamente, devido a amostra restrita a um participante no grupo com autismo, não foi possível realizar uma análise inferencial. Porém, considerando a análise descritiva, os valores médios da amplitude dos PMEs nas diferentes categorias indicam um padrão de processamento similar de percepção de movimento individual em ambos os grupos e, um padrão invertido de EC entre os grupos referentes a observação de objetos e movimentos com interação social. Especificamente, o grupo TEA apresentou maiores médias de amplitude ao visualizar objetos em relação a observação de movimento individual e com interação enquanto o grupo controle apresentou maiores médias de amplitude dos PMEs ao observar movimento com interação social em relação a objetos e movimento individual.

Os dados do grupo controle estão alinhados com estudo prévio mostrando maior excitabilidade cortical durante observação de fotos de movimento com componente emocional em relação às neutras (Borgomaneri, Gazzola, Avenanti, 2012). Acredita-se que tal diferença reflita a potencialização da atividade de simulação de ação internalizada pelo indivíduo para compreensão da intenção não apenas do movimento mas da perspectiva emocional do outro. Desta forma envolvendo não apenas a circuitaria de neurônios em espelho mas também o engajamento de redes neurais relacionadas a teoria da mente e processamento afetivo. Tais circuitarias são ativada pelo processamento de pistas de ação apresentadas na cena emocional observada que geram um aumento de complexidade na interpretação do movimento. Considerando as medidas de excitabilidade cortical do paciente autista, podemos especular que as alterações observadas reflitam anormalidades de excitabilidade cortical em população com TEA. De fato, estudos prévios argumentam nessa linha devido a observação de diferentes efeitos de facilitação na amplitude dos PMEs em população autista em

relação a população controle após neuromodulação com EMT (Oberman et al., 2012; Pedapat et al., 2016).

Entretanto, Enticott e colaboradores (2013) reportaram em seu estudo, contrastando movimentos de mão individuais ou com interação, efeitos relativos a interação. Especificamente, o grupo reportou maiores amplitudes de PMEs durante observação de interação negativa; não relatando efeitos significativos quando comparados grupo controle e grupo autista. É importante ressaltar que todos os estudos mencionados utilizaram-se da apresentação de vídeos como estímulo enquanto em nosso experimento 2 apresentamos 1 frame dos movimentos em fotos estáticas. É possível que as diferenças entre TEA e controle, neste caso, estejam relacionadas com a forma de apresentação do estímulo. De fato, dados de eletroencefalografia mostram relação entre recrutamento da rede motora e circuitaria de neurônio em espelho e a sensação de movimento percebida em imagens estáticas (Giromini et al., 2010; Pineda et al., 2011). Especificamente, quando é percebido movimento na imagem estática há aumento da excitabilidade cortical, enquanto que quando essa sensação de movimento não é percebida não há alteração da excitabilidade cortical. Outra possibilidade é que nossos estímulos sejam mais complexos, por apresentarem dois agentes interagindo no ambiente, em contraste com os vídeos de Enticott e colaboradores (2013) que continham apenas informação parcial da ação. Sendo assim, nossos resultados podem refletir a maior dificuldade da população com autismo em perceber os movimentos com interação social em fotos pelo aumento do grau de dificuldade da tarefa considerando uma população com déficits relacionados a interação social e teoria da mente. O fato de o padrão de excitabilidade cortical na observação de movimento individual ter sido similar entre os grupos reforça tal hipótese.



Considerando o experimento 3, o mesmo não constava na proposta inicial deste projeto. Entretanto, durante a elaboração do projeto, bem como das tarefas propostas e das coletas de dados dos experimentos, uma das pesquisadoras voluntárias do projeto desenvolveu seu projeto de doutorado seguindo a linha de pesquisas em observação de ação e medidas de recrutamento das redes motoras com uso de EMT e, desta maneira, elaborou o experimento 3, que faz parte de seu estudo de doutorado.

Acredita-se que o papel principal da circuitaria de neurônios-espelho seja o de codificar as intenções das ações (Rizzolatti e Fogassi, 2014) e, que a ressonância motora seja promovida pela decodificação dos aspectos cinemáticos do movimento (Leonetti et al., 2015). Com o termo ressonância motora, nos referimos especificamente à facilitação motora caracterizadas pelo fato de o padrão de ativação muscular do observador ser muito similar ao padrão de contração presente durante a execução da ação observada (com especificidade somatotópica) e que a ativação muscular é temporariamente estritamente pareada com a dinâmica da ação observada (com alta fidelidade temporal). Isto indica que a ação percebida seja reencenada subliminarmente (Fadiga et al., 1995; Borroni & Baldissera, 2008). Estudos comportamentais corroboram o pressuposto que este sistema se baseie na leitura cinemática do movimento e ative áreas específicas do sistema motor recrutadas na execução dos mesmos. Foi demonstrado que a observação de movimentos congruentes aos que seriam imitados posteriormente facilitam o desempenho na tarefa e a observação de movimentos não congruentes, por sua vez, dificultam o desempenho na tarefa (Kilner et al., 2003; Press et al., 2005).

Ademais, a realização da tarefa também pode ser afetada se o mesmo movimento for observado em perfil cinemático natural *versus* artificial. O perfil típico de movimento humano dirigido ao alvo é caracterizado por uma fase de rápida velocidade inicial, seguida por uma velocidade baixa na finalização do movimento

(Jeannerod, 1984) enquanto um perfil cinemático é considerado artificial quando apresenta velocidade constante ou qualquer modo diferente do perfil humano. Bisio e colaboradores (2010, 2014) mostraram que quando os participantes devem imitar movimentos previamente observados, os movimentos realizados são automaticamente contaminados pela velocidade do estímulo observado apenas quando este se movimenta de acordo com a cinemática natural. Ou seja, quando o participante observa um humano ou robô humanoide realizando um movimento com perfil cinemático natural, o observador imita a ação seguindo o perfil de velocidade observado. Em contrapartida, quando o robô humanoide realiza a mesma ação violando o padrão cinemático humano este efeito não ocorre. Dessa forma, a ressonância motora parece independente da aparência física do agente. Entretanto parece ser restrita a quando o efetor se move com um padrão cinemático natural.

Seguindo a premissa que a rede motora seja ativada em ausência de informação pictórica e, dependente da informação biológica cinemática, diversos grupos buscaram identificar as redes neurais ativadas durante observação de movimentos humanos sem informação pictórica. Nesta linha, Alaerts et al. (2009, 2012) mostraram que observação da sombra do movimento da mão ou ainda, a mão encoberta por uma luva são suficientes para recuperar uma representação de pleno movimento da ação percebida e evocar atividade em M1. Ademais, a observação de animação de movimento de sombra de mão não evocou ativação de M1 quando o movimento não foi identificado (Alaerts et al., 2009), sugerindo que esta ativação esteja relacionada com a compreensão do movimento.

Outra forma de eliminar a informação pictórica é a utilização de estímulos de movimento biológico humano formado apenas por informação cinemática das articulações envolvidas no movimento pelo uso de pontos de luz (Johansson, 1973).

Estudos de neuroimagem demonstraram que estes estímulos ativam o córtex pré-motor (Saygin et al., 2004) e o sulco temporal superior (Grossman et al., 2001) e que, estas áreas não são ativadas na visualização de estímulos de pontos de luz embaralhados se movimentando indicando, novamente especificidade relacionada ao reconhecimento de movimento biológico humano. Foi demonstrado que observar movimentos com perfil cinemático artificial mostram que o aprendizado de movimentos complexos é igualmente beneficiado tanto pela observação de pontos de luz quanto de movimento real (Hodges et al., 2005). Entretanto, até o momento em que o experimento 3 estava sendo coletado, não havia na literatura estudos medindo excitabilidade cortical decorrente de observação movimento biológico formado por pontos de luz, ou seja, informação cinemática de movimento em ausência de informação pictórica e, ainda, se a forma humana por si é capaz de recrutar a representação cortical motora. Dessa maneira, objetivamos avaliar por meio de mensuração de excitabilidade cortical a ocorrência de ativação motora em córtex motor primário decorrente da observação de movimentos biológicos reais, movimentos biológicos formados por pontos de luz e movimentos não biológicos formados por pontos de luz e comparar a intensidade dessas ativações.

Nossos resultados mostraram maiores padrões de excitabilidade cortical durante observação de movimentos reais humanos (MR), humanos em pontos de luz (PLbio) e não humanos em pontos de luz (PLnbio) em relação a apresentação da figura humana estática formada por pontos de luz (PLE). A maior EC eliciada por movimentos humanos reais e em pontos de luz vai de encontro com a extensa literatura de recrutamento da circuitaria em espelho e da rede cortical motora durante observação de movimentos biológicos (para revisão ver Rizzolatti e Fogassi, 2014). Ademais, foi possível demonstrar que esta ativação independente de informações pictóricas. É

interessante porém, notar que a observação de pontos de luz se movendo sem representar a forma ou o padrão cinemático humano também levaram a um aumento da EC, sendo este comparável ao eliciado na observação de movimentos biológicos. Apenas a observação da forma humana em ausência de movimento apresentou menores respostas de contração muscular. Dessa maneira, nossos resultados para MR e PLbio indicam que o padrão cinemático natural seja um atributo suficiente para gerar ressonância motora. Entretanto, o aumento de EC durante observação de vídeos PLnbio indicam que apesar de suficiente, o padrão cinemático natural não seja uma característica necessária para engajar a rede cortical motora na codificação do movimento observado. Este achado vai de encontro com um estudo recente em que a observação de movimento dirigido ao alvo em ambos perfil cinemático natural e artificial formado por pontos de luz eliciou maiores respostas de PME nos observadores e, as medidas obtidas na observação dos vídeos não apresentou diferenças significativas (Craighero et al., 2016). Conforme discutem os autores do mencionado estudo, é possível que o envolvimento do sistema motor ocorra quando o indivíduo presume ser capaz de replicar completa ou parcialmente (e.g., posição no espaço, direção do movimento, postura do corpo ou parte do corpo, interação com objeto, entre outros) um movimento real ou hipotético executado por um humano, animal (Buccino et al., 2004) ou objeto. Por fim, foi possível verificar que a forma humana por si, em ausência de movimento, não promove engajamento da rede motora.

## REFERÊNCIAS

ANNETT, J. Motor imagery: perception or action? *Neuropsychologia*, v. 33, pp.1395–1417, 1995.

ANSON, J. G., HASEGAWA, Y., KASAI, T., LATASH, M. L., YAHAGI, S. EMG discharge patterns during human grip movement are task-dependent and not modulated by muscle contraction modes: A transcranial magnetic stimulation (TMS) study. *Brain Research*, v.934 n.2, pp.162–166, 2002.

ALAERTS, K.; AGGELPOEL, T.V.; SWINNEN, S.P.; WENDEROTH, N. Observing shadow motions: Resonant activity within the observer's motor system? *Neuroscience Letters* v. 461, pp. 240–244, 2009.

BARON-COHEN, S. Autism: The Emphathizing-Systemizing (E-S) Theory. The year in cognitive neuroscience, *Ann. N.Y. Acad. Sci.* v.1156, p.68-80, 2009.

BARON-COHEN, S. Diferença essencial: a verdade sobre o cérebro de homens e mulheres. Rio de Janeiro, Editora Objetiva LTDA, 2003.

BENVENUTO, A., BATTAN, B., PORFIRIO, M.C., CURATOLO, P. Pharmacotherapy of autism spectrum disorders. *Brain & Development*, 2012. (in press)

BERNIER, R.; DAWSON, G.; WEBB, S.; MURIAS, M. EEG mu rhythm and imitation impairments in individuals with autism spectrum disorder. *Brain Cognition* v.64 n.3, pp.228-37, 2007.

BERNIER, R., AARONSON, B., & MCPARTLAND, J. The role of imitation in the observed heterogeneity in EEG mu rhythm in autism and typical development. *Brain and Cognition*, V.82, 69-75, 2013.

BISIO, A.; STUCCHI, N.; JACONO, M.; FADIGA, L.; POZZO, T. Automatic versus voluntary motor imitation: effect of visual context and stimulus velocity. *PLoS One* 5 (10), 2010

BISIO, A.; SCIUTTI, A.; NORI, F.; METTA, G.; FADIAGA, L.; SANDINI, G.; POZZO, T. Motor contagion during human-human and human-robot interaction. *PLoS One* 9 (8), e106172, 2014.

BORGOMANERI S., GAZZOLA, V., AVENANTI, A. Motor mapping of implied actions during perception of emotional body language. *Brain Stimulation*, 2012 (IN PRESS)

BORRONI, P.; BALDISSERA, F. Activation of motor pathways during observation and execution of hand movements. *Soc. Neurosci.* 3 (3-4), 276-288, 2008.

BUCCINO, G., BINOFSKI, F., FINK, G., FADIGA, L., FOGASSI, L., GALLESE, V., SEITZ, R.J., ZILLES, K., RIZZOLATTI, G., FREUND, H.J. Action observation

activates premotor and parietal areas in a somatopic manner: an fMRI study. *European Journal of Neuroscience*, v.13, pp. 400-404, 2001.

CARR, L.; IACOBONI, M.; DUBEAU, M-C.; MAZZIOTTA, J.C.; LENZI, G.L. Neural mechanisms of empathy in humans: a relay from neural systems for imitation to limbic areas. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v.100, n.9 p.5497–5502, 2003.

CATTANEO, L.; RIZZOLATTI, G. The Mirror Neuron System. *Archives of Neurology*, v.66 n.5, pp.557-560, 2009.

CESARI, P., PIZZOLATO, F.,FIORIO, M. Grip-dependent cortico-spinal excitability during grasping imagination and execution. *Neuropsychologia*, v.49, pp. 2121–2130, 2011.

COWAN, W.M., KOPNISKY, K.L., HYMAN, S.E. The human genome project and its impact on psychiatry. *Ann Rev Neurosci.*, v.25, p.1-50, 2002.

CRAIGHERO, L.; JACONO, M.; MELE, S. Resonating with the ghost of a hand: A TMS experiment. *Neuropsychologia*, v. 84, pp.181–192, 2016.

CURRENTI, S. Understanding and Determining the Etiology of Autism. *Cell Mol Neurobiol.*, v.30, p.161–171.

DECETY, J., GREZES, J. The power of simulation: Imagining one's own and other's behavior. *Brain Research*, v. 1079, pp. 4-14, 2006.

ENTICOTT, PG; RINEHART, NJ; TONGE, BJ; BRADSHAW, JL.; FITZGERALD, PB. A preliminary transcranial magnetic stimulation study of cortical inhibition and excitability in high- functioning autism and Asperger disorder. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 2010.

ENTICOTT, PG; KENNEDY, HA; RINEHART, NJ; BRADSHAW, JL; TONGE, BJ; DASKALAKIS, ZJ; FITZGERALD, PB. Interpersonal motor resonance in autism spectrum disorder: evidence against a global “mirror system” deficit. *Frontiers in Human Neuroscience*, v. 7 n.218, 2013.

FACCHINI, S., MUELLBACHER, W., BATTAGLIA, F., BOROOJERDI, B., HALLETT, M. Focal enhancement of motor cortex excitability during motor imagery: a transcranial magnetic stimulation study. *Acta Neurologica Scandinavica*, v.15, pp. 146-151, 2002.

FADIGA, L., BUCCINO, G., CRAIGHERO, L., FOGASSI, L., GALLESE, V., PAVESI, G. Corticospinal excitability is specifically modulated by motor imagery: a magnetic stimulation study *Neuropsychologia*, v.37, pp.147-158, 1999.

FARAH, M.J. The neurological basis of mental imagery: a componential analysis. *Cognition*, v.18, pp. 245–272, 1984.



FISHMAN, I.; YAM, A.; BELLUGI, U.; LINCOLN, A.; MILLS, D. Contrasting patterns of language-associated brain activity in autism and Williams syndrome. *Social Cognitive and Affective Neuroscience Advance Access*, agosto 2010. doi:10.1093/scan/nsq075.

FOMBONNE, E. Epidemiology of Autistic Disorder and Other Pervasive Developmental Disorders. *J Clin Psychiatric*, v.66, n.10, p.3-8, 2005.

FOURKAS, A.D., AVENANTI, A., URGESI, C., AGLIOTI, S.M. Corticospinal facilitation during first and third person imagery. *Experimental Brain Research*, v.168, pp. 143-151, 2006.

FRANCUZ, P.; ZAPALA, D. The suppression of the  $\alpha$  rhythm during the creation of imagery representation of movement. *Neuroscience Letters*, v.495, pp. 39–43, 2011.

FRITH, C.; FRITH, U. Learning from Others: Introduction to the Special Review Series on Social Neuroscience. *Neuron*, v.65, n.6, p.739-743, 2010.

FRITH, U. Autism. Explaining the enigma. Hacia una explicación del enigma. Madrid: Alianza Editorial, 2004.

FRITH, U. Autismo hacia una explicación del enigma. Madrid: Alianza Editorial, 2004.

GALLESE, V. The roots of empathy: the shared manifold hypothesis and the neural basis of intersubjectivity. *Psychopathology*, v.36, p.171–180, 2003.

GALLESE, V.; GOLDMAN, A. Mirror neurons and the simulation theory of mind-reading. *Trends in Cognitive Sciences*, v.2 n.12, pp. 493-501, 1998.

GIROMINI, L., PORCELLI, P., VIGLIONE, D.J., PAROLIN, L., PINEDA, J.A. The feeling of movement: EEG evidence for mirroring activity during the observations of static, ambiguous stimuli in the Rorschach cards. *Biological Psychology*, v.85, pp. 233–241, 2010.

GROSSMAN, E.D.; BLAKE, R. Brain activity evoked by inverted and imagined biological motion. *Vision Research*, v. 41, pp. 1475–1482, 2001.

HADJIKHANI, N.; JOSEPH, R.M.; SNYDER, J.; TAGER-FLUSBERG, H. Anatomical differences in the mirror neuron system and social cognition network in autism. *Cerebral Cortex*, v.16, n.9, p.1276-1282, 2006.

HAPPÉ, F.; FRITH, UTA. The neuropsychology of autism. *Brain*, v. 119, p. 1377-1400, 1999.

HARI, R. Action–perception connection and the cortical mu rhythm. *Progress in Brain Research*, v. 159, pp.253-260, 2006.

HARI, R., FORSS, N., AVIKAINEN, S., KIRVESKARI, E., SALENIUS, S. AND RIZZOLATTI, G. Activation of human primary motor cortex during action observation: a neuromagnetic study. *Proceedings of the National Academy of Sciences of United States of America*, v.95, pp.15061–15065, 1998.

HASEGAWA, Y., KASAI, T., TSUJI, T., YAHAGI, S. Further insight into the task-dependent excitability of motor evoked potentials in first dorsal interosseous muscle in humans. *Experimental Brain Research*, v.140 n.4, pp. 387–396, 2001.

HETU, S., GAGNÉ, M., JACKSON, P. L., MERCIER, C. Variability in the effector-specific pattern of motor facilitation during the observation of everyday actions: implications for the clinical use of action observation. *Neuroscience*, v.170, pp. 589–598, 2010.

HODGES, N.J.; HAYES, S.J.; BRESLIN, G.; WILLIAMS, A.M. An evaluation of the minimal constraining information during observation for movement reproduction, *Acta Psychologica (Amst)* v.119 pp. 264–282, 2005.

IACOBONI, M., MAZZIOTTA, J.C. Mirror Neuron System: Basic Findings and Clinical Applications. *Annals of Neurology*, v. 62, pp.213–218, 2007.

JARVELAINEN, J., SCHURMANN, M., AVIKAINEN, S., HARI, R. Stronger reactivity of the human primary motor cortex during observation of live rather than video motor acts. *NeuroReport*, v.12, pp. 3493–3495 (2001).

JEANNEROD, M. Neural simulation of action: a unifying mechanism for motor cognition. *NeuroImage*, v. 14, pp. 103–109, 2001.

JEANNEROD, M. The timing of natural prehensile movements. *J. Mot. Behav.* 16,

235–254, 1984.

KANNE, S.M., MAZUREK, M.O. Aggression in children and adolescents with ASD: prevalence and risk factors. *J Autism Dev Disord*, v. 41, p.926–37, 2011.

KILNER, J.M.; PAULIGNAN, Y.; BLAKEMORE, S.J. An interference effect of observed biological movement on action. *Curr. Biol*, v.13, 522–525, 2003.

KLIMESCH, W.; SAUSENG, P.; HANSLMAYR, S. EEG alpha oscillations: The inhibition–timing hypothesis. *Brain Research Reviews*, v.53, pp.63-88, 2007.

KOSSLYN, S.M., GANIS, G., THOMPSON, W.L. Neural foundations of imagery. *Nature Reviews in Neuroscience*, v. 2, pp.635–642, 2001.

LEONETTI, A.; PUGLISI, G.; SIUGZDAITE, R.; FERRARI, C.; CERRI, G.; BORRONI, P. What you see is what you get: motor resonance in peripheral vision. *Exp. Brain Res.* 233, 3013–3022., 2015.

LEPAGE, JF, AMOUR, DS, THEORET, H. EEG and neuronavigated single-pulse TMS in the study of the observation/execution matching system: Are both techniques measuring the same process? *Journal of Neuroscience Methods* 175, pp. 17–24, 2008.

McFARLAND, D.J., MINER, L.A., VAUGHAN, T.M., WOLPAW, J.R. Mu and Beta Rhythm Topographies During Motor Imagery and Actual Movements. *Brain Topography*, v.12 n. 3, pp. 177-186, 2000.

MICHELON, P., VETTEL, J.M., ZACKS, J.M. Lateral somatotopic organization during imagined and prepared movements. *Journal of Neurophysiology*, v.95, pp. 811-822, 2006.

MIZUGUCHI, N., SAKAMOTO, M., MURAOKA, T., KANOSUE, K. Influence of touching an object on corticospinal excitability during motor imagery. *Experimental Brain Research*, v.194 n.4, pp. 529-535, 2009.

MUHLE, R., TRENTACOSTE, S.V., RAPIN, I. The genetics of autism. *Pediatrics.*, v.113, n. 5, p.472-86, 2004.

MUTHUKUMARASWAMY, S.D.; JOHNSON, B.W. Primary motor cortex activation during action observation revealed by wavelet analysis of the EEG. *Clinical Neurophysiology*, v.115, pp. 1760–1766, 2004.

NAJIB, U., BASHIR, S., EDWARDS, D., ROTENBERG, A., PASCUAL-LEONE, A. Transcranial Brain Stimulation: Clinical Applications and Future Directions. *Neurosurgery Clinics of North America*, v.22 n.2, pp. 233-251, 2011.

NEWSCHAFFER, C.J.; CROEN, L.A.; DANIELS, J.; GIARELLI, E.; GREETHER, J.K.; LEVY, S.E.; MANDELL, D.S.; MILLER, L.A.; PINTO-MARTIN, J.; REAVEN, J.; REYNOLDS, A.M.; RICE, C.E.; SCHENDEL, D.; WINDHEM, G.C. The epidemiology of Autism Spectrum Disorders. *Annu. Rev. Public. Health*, 2007.

OBERMAN, L.M., HUBBARD, E.M., McCIEERY, J.P., ALTSCHULER, E.L., RAMACHANDRAN, V.S., PINEDA, J.A. EEG evidence for mirror neuron dysfunction in autism spectrum disorders. *Cognitive Brain Research*, v.24, pp. 190–198, 2005.

OBERMAN, LM; PASCUAL-LEONE, A; ROTENBERG, A. Modulation of corticospinal excitability by transcranial magnetic stimulation in children and adolescents with autism spectrum disorder. *Frontiers in Human Neuroscience*, v.8 n. 627, 2014.

OBERMAN, L. M., RAMACHANDRAN, V. S., & PINEDA, J. A. Modulation of mu suppression in children with autism spectrum disorders in response to familiar or unfamiliar stimuli: The mirror neuron hypothesis. *Neuropsychologia*, 46(5), 1558-1565, 2008.

PARK, W.-H., LI, S. No graded responses of finger muscles to TMS during motor imagery of isometric finger forces. *Neuroscience Letters*, v.494, pp. 255–259, 2011.

PATUZZO, S., FIASCHI, A., MANGANOTTI, P. Modulation of motor cortex excitability in the left hemisphere during action observation: a single- and paired-pulse transcranial magnetic stimulation study of self- and non-self-action observation. *Neuropsychologia*, v.41, pp. 1272–1278, 2003.

PEDAPATI, EV; GILBERT, DL; ERICKSON, CA; HORN, PS; SHAFFER, RC; WINK, LK; LAUE, CS; WU, SW. Abnormal Cortical Plasticity in Youthwith Autism

Spectrum Disorder: A Transcranial Magnetic Stimulation Case–Control Pilot Study. *Journal of Child and Adolescent Psychopharmacology*, v. 26 (7), pp. 625–631, 2016.

PERKINS, T., STOKES, M., MCGILLIVRAY, J., BITTAR, R. Mirror neuron dysfunction in autism spectrum disorders. *Journal of Clinical Neuroscience*, v. 17, pp. 1239–1243, 2010.

PIJNACKER, J.; GEURTS, B.; VAN LAMBALGEN, M.; BUITELAAR, J.; HAGOORT, P. Exceptions and anomalies: An ERP study on context sensitivity in autism. *Neuropsychologia*. v.48, n.10, p.2940-2951, 2010.

PINEDA, J.A., GIROMINI, L., PORCELLI, P., PAROLIN, L., VIGLIONE, D.J. Mu suppression and human movement responses to the Rorschach test. *NeuroReport*, v. 22 n.5, pp.223-226, 2011.

PRESS, C.; BIRD, G.; FLACH, R.; HEYES, C. Robotic movement elicits automatic imitation. *Cognit. Brain Res*, v.25, 632–640, 2005.

PROVERBIO, A.M.; RIVA, F. e ZANI, A. When neurons do not mirror the agent's intentions: Sex differences in neural coding of goal-directed actions. *Neuropsychologia*. v.48, p.1454–1463, 2010.

PROVERBIO, A.M.; RIVA, F. RP and N400 ERP components reflect semantic violations in visual processing of human actions. *Neuroscience Letters*, v.459, p.142–146, 2009.

RISCH, N., SPIKER, D., LOTSPEICH, L., NOURI, N., HINDS, D., HALLMAYER, J., et al. A genomic screen of autism: evidence for a multilocus etiology. *Am J Hum Genet.*, v.65, n.2, p.493-507, 1999.

RIZZOLATTI, G. ARBIB, M.A. Language within our grasp. *Trends Neuroscience.* v.21, n.5, p.188– 194, 1998.

RIZZOLATTI, G.; FOGASSI, L. The mirror mechanism: recent findings and perspectives. *Phil. Trans. R. Soc. B* 369:20130420, 2014.

RIZZOLATTI, G. The mirror neuron system and its function in humans. *Anatomy and Embryology*, v.210 n.5, p. 419-421, 2005.

RIZZOLATTI, G., CRAIGHERO, L. The mirror-neuron system. *Annual Reviews in Neuroscience*, v. 27, pp. 169–192, 2004.

RIZZOLATTI, G.; FOGASSI, L.; GALLESE, V. Neurophysiological mechanisms underlying the understanding and imitation of action. *Nature Reviews*, v.02, p. 661-670, 2001.

RIZZOLATTI, G.; FOGASSI, L.; GALLESE, V. Neurophysiological mechanisms underlying the understanding and imitation of action. *Nature Reviews*, v.02, p.661-670, 2001.



ROGERS, S.J., BENNETTO, L., MCEVOY, R., PENNINGTON, B.F. Imitation and pantomime in high-functioning adolescents with autism spectrum disorders. *Child Dev*, v.67, n.5, p.2060-2073, 1996.

ROOSINK, M., ZIJDEWIND, I. Corticospinal excitability during observation and imagery of simple and complex hand tasks: Implications for motor rehabilitation. *Behavioural Brain Research*, v. 213, p. 35-41, 2010.

ROSSI, S., ROSSINI, P.M. TMS in cognitive plasticity and the potential for rehabilitation. *TRENDS in Cognitive Sciences*, v.8 n.6, pp.273-279, 2004.

RUBY, P., DECETY, J. Effect of subjective perspective taking during simulation of action: A PET investigation of agency. *Nature Neuroscience*, v.4 n.5, pp. 546-550, 2001.

SAYGIN, A.P.; WILSON, S.M.; HAGLER, D.J.; Jr.; BATES, E.; SERENO, M.I. Point-light biological motion perception activates human premotor cortex. *Journal of Neuroscience*, v. 24, pp.6181–6188, 2004.

SCHWARTZMAN, J.S. *Autismo Infantil*. São Paulo. Editora Memnon, 1995.

SILVA. M; MULIK., J.A. Diagnosticando o transtorno autista: Aspectos fundamentais e Considerações práticas. *Psicologia ciência e profissão*, v.29, n.1, p. 116-131, 2009.

SITNIKOVA, T.; HOLCOMB, P.J.; KIYONAGA, K.A.; KUPERBERG, G.R. Two Neurocognitive Mechanisms of Semantic Integration during the Comprehension of

Visual Real-world Events. *Journal of Cognitive Neuroscience*, v.20, n.11, p.2037–2057, 2008.

THÉORET, H., HALLIGAN, E. , KOBAYASHI, M. , FREGNI, F., TAGER-FLUSBERG, H., PASCUAL-LEONE, A. Impaired motor facilitation during action observation in individuals with autism spectrum disorder. *Current Biology*, v.15 n.3, pp.84-85, 2005.

TINAZZI, M., FARINA, S., TAMBURIN, S., FACCHINI, S., FIASCHI, A., RESTIVO, D., BERARDELLI, A. Task-dependent modulation of excitatory and inhibitory functions within the human primary motor cortex. *Experimental Brain Research*, v.150 n.2, pp. 222–229, 2003.

ULLOA, E.R., PINEDA, J.A. Recognition of point-light biological motion: Mu rhythms and mirror neuron activity. *Behavioural Brain Research*, v.183, pp. 188-194, 2007.

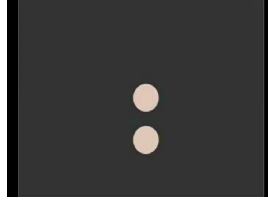
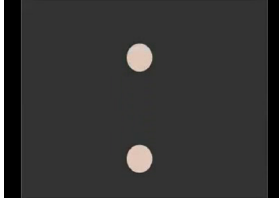
VARGAS, C.D., OLIVIER, E., CRAIGHERO, L., FADIGA, L., DUHAMEL, J.R., SIRIGU, A. The Influence of Hand Posture on Corticospinal Excitability during Motor Imagery: A Transcranial Magnetic Stimulation Study. *Cerebral Cortex*, v.14 n.11, pp. 1200-1206, 2004.

WILLIAMS, J. H. G., WHITEN, A., SUDDENDORF, T., & PERRETT, D. I. Imitation, mirror neurons and autism. *Neurosci. Biobehav. Rev.*, v.25, p.287–295, 2001.

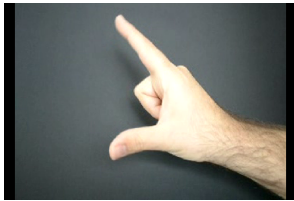
WILLIAMS, J.H.G.; WHITEN, A.; SUDDENDORF, T.; PERRETT, D.I. Imitation, mirror neurons and autism. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, v.25, n.4, p.287.

## APENDICE 1 - ESTÍMULOS DO EXPERIMENTO 1

### 1. Imagens ilustrativas do vídeo da categoria Movimento Não-Biológico (MNB)

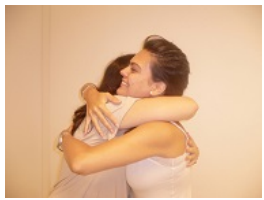


### 2. Imagens ilustrativas do vídeo da categoria Movimento Biológico (MB)



## APENDICE 2 - ESTÍMULOS DO EXPERIMENTO 2

### 1. Fotos apresentadas na categoria: Movimento biológico com interação social



IS1



IS2



IS3



IS4



IS5



IS6



IS7



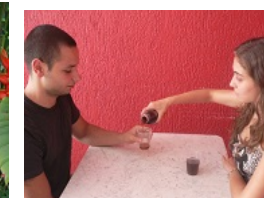
IS8



IS9



IS10



IS11



IS12



IS13



IS14



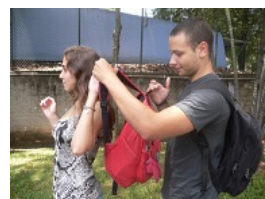
IS15



IS16



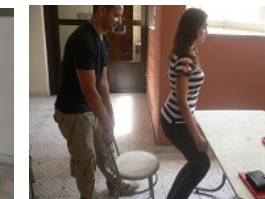
IS17



IS18



IS19



IS20

## 2. Fotos apresentadas na categoria: Movimento biológico sem interação social



M1



M2



M3



M4



M5



M6



M7



M8



M9



M10



M11



M12



M13



M14



M15



M16



M17



M18



M19



M20

### 3. Fotos de objetos estáticos (sem percepção de movimento)



O1



O2



O3



O4



O5



O6



O7



O8



O9



O10



O11



O12



O13



O14



O15



O16



O17



O18



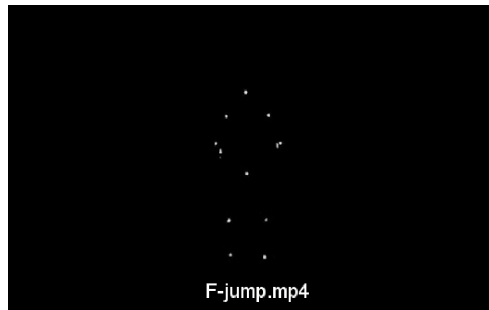
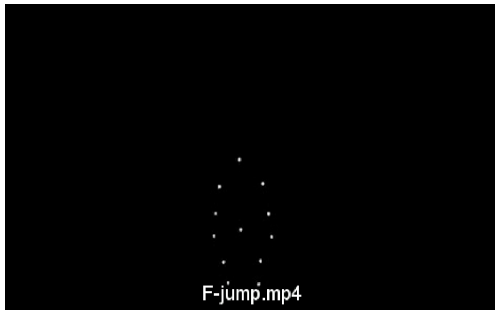
O19



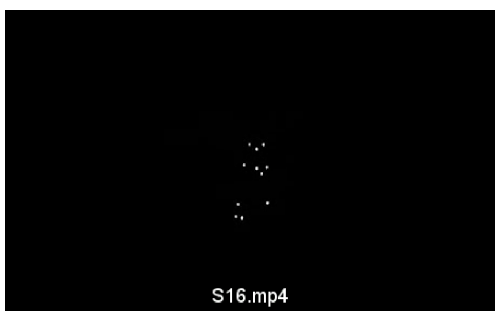
O20

### APENDICE 3 – ESTÍMULOS DO EXPERIMENTO 3

1. Imagens ilustrativas de um vídeo da categoria de movimento biológico em pontos de luz (PLbio)



2. Imagem ilustrativa de um vídeo da categoria de movimento não - biológico em pontos de luz (PLnbio)

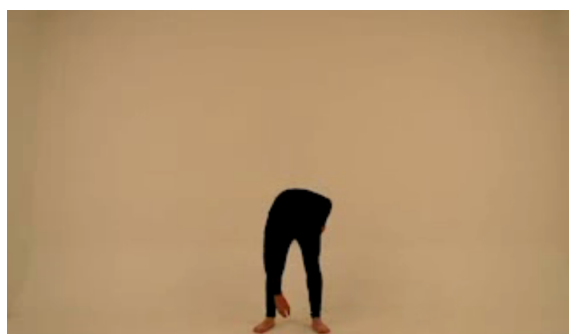
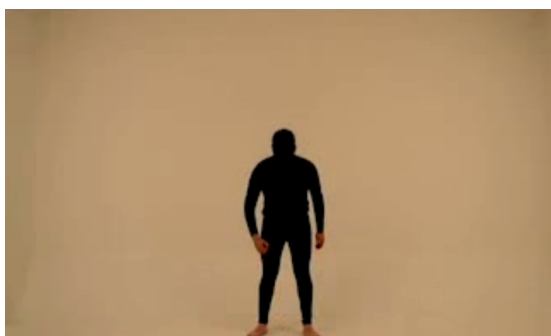


3. Imagem ilustrativa de um vídeo da categoria de movimento biológico estático em pontos de luz (PLE)





4. Imagem ilustrativa de um vídeo da categoria de movimento biológico real (MR)



## **APENDICE 4 - RESULTADOS DO TESTE DE SELEÇÃO E VALIDAÇÃO DOS ESTÍMULOS UTILIZADOS NO EXPERIMENTO 3**

### ***Resultados***

#### **- Participantes**

Participaram do experimento 50 voluntários do sexo masculino (5 canhotos, idade média=  $26,66 \pm 4,60$ ) e 50 voluntárias do sexo feminino (9 canhotas, idade média =  $23,2 \pm 5,04$ ) com ensino superior completo ou em curso. Foram recrutados participantes com formação acadêmica diversa a saber: administração de empresas, biologia, direito, economia, engenharias, fisioterapia, fotografia, massoterapia, pedagogia, psicologia, publicidade, radio e tv, terapia ocupacional.

#### **- Dados Comportamentais**

Bloco movimento não-biológico (PLnbio) - Foi realizado o cálculo da média e desvio padrão da nota atribuída a cada vídeo de acordo com o grupo (feminino (F) e masculino (M)). Ademais foi feita a soma de quantos sujeitos de cada grupo puderam atribuir uma ação ao vídeo assistido e então calculamos a porcentagem de atribuição de ação para cada um dos vídeos apresentados a partir desse valor.

A seguir, selecionamos, dentre estes estímulos de movimento embaralhado, aqueles a serem utilizados nas próximas etapas do estudo. O principal critério utilizado para seleção dos vídeos desta categoria foi a medida de atribuição de ação humana ao movimento. Assim, escolhemos como nota de corte os vídeos que apresentassem porcentagem de atribuição de ação inferior a 50% por ambos os grupos F e M. Dessa maneira foi possível selecionar 14 vídeos. Para selecionar o 15º vídeo (“E5”) identificamos aqueles em que a atribuição de ação superou 50% em apenas um dos grupos e então comparamos a medida de nota média $\pm$ DP destes e selecionamos aquele

com menor nota de similaridade com ação humana. Os dados do bloco movimento não biológico podem ser observados na tabela 6.

Tabela 6- Médias com desvios padrão das notas atribuídas de quanto o vídeo parecia representar uma ação humana e porcentagem de atribuição de ação para os mesmos.

Vídeo			M	F
	M Média±DP	F Média±DP	%ação	%ação
E1	2,66 ±1,32	2,52±1,23	60	64
E2	2,66 ± 1,17	2,58±1,18	72	76
E3*	2,02 ± 1,04	2,12±1,30	46	50
E4*	2,28 ± 1,29	1,70±1,09	60	36
<b>E5*</b>	<b>1,92 ± 1,14</b>	<b>1,66±1,02</b>	<b>50</b>	<b>28</b>
E6	2,10 ± 1,25	2,14±1,26	50	56
<b>E7</b>	<b>1,98 ± 1,19</b>	<b>1,54±1,01</b>	<b>40</b>	<b>24</b>
E8*	2,22± 1,18	1,88±1,06	52	44
E9*	2,44 ± 1,26	2,44±1,42	60	48
E10	2,76 ± 1,42	2,68±1,57	58	56
<b>E11</b>	<b>1,94 ± 1,25</b>	<b>1,68±1,10</b>	<b>30</b>	<b>26</b>
<b>E12</b>	<b>2,26 ± 1,24</b>	<b>2,06±1,17</b>	<b>48</b>	<b>48</b>
<b>E13</b>	<b>1,84 ± 1,12</b>	<b>1,66±1,12</b>	<b>30</b>	<b>26</b>
E14	2,34 ± 1,47	2,54±1,30	54	70
E15	3,02 ± 1,17	2,74±1,32	76	68
<b>E16</b>	<b>1,96 ± 1,00</b>	<b>1,84±1,02</b>	<b>50</b>	<b>42</b>
E17	2,90 ± 1,28	2,66±1,21	78	76
E18*	2,28 ± 1,36	2,06±1,32	54	44
<b>E19</b>	<b>2,02 ± 1,25</b>	<b>1,78±1,17</b>	<b>44</b>	<b>36</b>
E20	2,54 ± 1,43	2,28±1,25	62	58
E21	2,40 ± 1,26	2,45±1,28	56	62
E22	2,38 ± 1,18	2,28±1,26	52	48

E23*	2,24 ± 1,24	1,82±1,08	58	42
<b>E24</b>	<b>2,06 ± 1,15</b>	<b>1,66±1,04</b>	<b>42</b>	<b>30</b>
E25*	2,32 ± 1,39	2,12±1,26	56	48
E26*	2,24 ± 1,33	1,76±1,08	54	42
E27	2,96 ± 1,35	2,36±1,41	74	54
<b>E28</b>	<b>2,02 ± 1,32</b>	<b>1,96±1,16</b>	<b>44</b>	<b>38</b>
E29	2,62 ± 1,07	2,71±1,29	76	68
E30	2,54 ± 1,27	2,86±1,48	68	58
E31*	2,40 ± 1,32	2,16±1,35	58	42
E32	2,32 ± 1,28	2,48±1,43	54	56
<b>E33</b>	<b>1,50 ± 0,81</b>	<b>1,32±0,65</b>	<b>22</b>	<b>18</b>
E34	3,32 ± 1,27	2,78±1,28	84	72
<b>E35</b>	<b>1,98 ± 1,17</b>	<b>2,04±1,14</b>	<b>40</b>	<b>48</b>
<b>E36</b>	<b>2,10 ± 1,23</b>	<b>1,54±0,97</b>	<b>42</b>	<b>22</b>
<b>E37</b>	<b>1,92 ± 1,23</b>	<b>1,86±1,11</b>	<b>40</b>	<b>42</b>
E38	2,78 ± 1,49	2,38±1,23	66	66
<b>E39</b>	<b>1,62 ± 1,07</b>	<b>1,46±0,95</b>	<b>18</b>	<b>20</b>
<b>E40</b>	<b>1,94 ± 1,24</b>	<b>1,56±1,03</b>	<b>34</b>	<b>24</b>

Os dados estão separados de acordo com gênero. Os vídeos realçados em negrito representam aqueles selecionados para compor os estímulos de ME na próxima fase do estudo. (\*) atribuição de ação maior ou igual a 50% apenas em um dos grupos.

Bloco movimento biológico (PLbio) - Foi realizado o cálculo da média e desvio padrão da nota atribuída a cada vídeo de acordo com o grupo (feminino (F) e masculino (M)). Ademais foi feita a soma de quantos sujeitos de cada grupo puderam atribuir corretamente a ação apresentada no vídeo e então calculamos a porcentagem de acertos de cada um dos vídeos apresentados a partir desse valor.

A seguir, selecionamos dentre estes estímulos de movimentos biológicos aqueles a serem utilizados nas próximas etapas do estudo. O principal critério utilizado para

seleção dos vídeos desta categoria foi a porcentagem de acertos da ação apresentada. Assim, escolhemos como nota de corte os vídeos que apresentassem porcentagem de atribuição de ação superior a 60% em ambos os grupos F e M. Desta maneira selecionamos 15 vídeos. A análise descritiva dos vídeos do bloco de movimento biológico podem ser observados na tabela 7.

Tabela 7 – Média  $\pm$  desvio padrão das notas atribuídas de quanto o vídeo parecia representar uma ação humana e porcentagem de acerto quanto a atribuição de ação para os mesmos.

Genero - Ação	M		F	
	M Média $\pm$ DP	F Média $\pm$ DP	%acerto	%acerto
<b>F-acenar</b>	<b>4,82<math>\pm</math> 0,44</b>	<b>4,90<math>\pm</math> 0,30</b>	<b>68</b>	<b>88</b>
<b>F-agachar</b>	<b>4,70<math>\pm</math> 0,68</b>	<b>4,78<math>\pm</math> 0,51</b>	<b>92</b>	<b>96</b>
<b>F-alongar</b>	<b>4,74<math>\pm</math> 0,44</b>	<b>4,74<math>\pm</math> 0,56</b>	<b>92</b>	<b>96</b>
<b>F-andar</b>	<b>4,76<math>\pm</math> 0,63</b>	<b>4,88<math>\pm</math> 0,44</b>	<b>94</b>	<b>96</b>
F-apontar*	4,78 $\pm$ 0,51	4,74 $\pm$ 0,69	50	62
F-arremessar	4,18 $\pm$ 1,02	3,98 $\pm$ 1,46	48	32
<b>F-chute alto</b>	<b>4,84<math>\pm</math> 0,47</b>	<b>4,86<math>\pm</math> 0,61</b>	<b>96</b>	<b>94</b>
<b>F-comemorar</b>	<b>4,72<math>\pm</math> 0,67</b>	<b>4,64<math>\pm</math> 0,83</b>	<b>84</b>	<b>80</b>
<b>F-corda</b>	<b>4,66<math>\pm</math> 0,63</b>	<b>4,76<math>\pm</math> 0,62</b>	<b>66</b>	<b>68</b>
<b>F-escada</b>	<b>4,76<math>\pm</math> 0,59</b>	<b>4,86<math>\pm</math> 0,35</b>	<b>88</b>	<b>94</b>
<b>F-espreguiçar</b>	<b>4,80<math>\pm</math> 0,49</b>	<b>4,84<math>\pm</math> 0,37</b>	<b>92</b>	<b>94</b>
<b>F-marchar</b>	<b>4,76<math>\pm</math> 0,59</b>	<b>4,80<math>\pm</math> 0,49</b>	<b>88</b>	<b>82</b>
<b>F-passe</b>	<b>4,80<math>\pm</math> 0,57</b>	<b>4,84<math>\pm</math> 0,42</b>	<b>96</b>	<b>90</b>

<b>F-passo lado</b>	<b>4,82± 0,44</b>	<b>4,84± 0,42</b>	<b>88</b>	<b>96</b>
<b>F-pegar chao</b>	<b>4,86± 0,45</b>	<b>4,92± 0,34</b>	<b>92</b>	<b>94</b>
<b>F-polichinelo</b>	<b>4,88± 0,33</b>	<b>4,94± 0,24</b>	<b>96</b>	<b>94</b>
<b>F-pular</b>	<b>4,84± 0,51</b>	<b>4,94± 0,24</b>	<b>96</b>	<b>96</b>
F-rebater*	4,86± 0,40	4,84± 0,62	68	56
<b>M-acenar</b>	<b>4,80± 0,57</b>	<b>4,86± 0,40</b>	<b>80</b>	<b>84</b>
<b>M-agachar</b>	<b>4,76± 0,62</b>	<b>4,88± 0,33</b>	<b>96</b>	<b>96</b>
<b>M-alongar</b>	<b>4,76± 0,59</b>	<b>4,82± 0,44</b>	<b>92</b>	<b>96</b>
<b>M-andar</b>	<b>4,82± 0,48</b>	<b>4,86± 0,45</b>	<b>96</b>	<b>96</b>
<b>M-apontar</b>	<b>4,74± 0,56</b>	<b>4,66± 0,75</b>	<b>62</b>	<b>78</b>
M-arremessar	4,54± 0,79	4,28± 0,99	56	50
<b>M-chute alto</b>	<b>4,86± 0,45</b>	<b>4,92± 0,27</b>	<b>84</b>	<b>88</b>
<b>M-comemorar</b>	<b>4,69± 0,58</b>	<b>4,58± 0,84</b>	<b>80</b>	<b>78</b>
<b>M-corda</b>	<b>4,74± 0,60</b>	<b>4,94± 0,24</b>	<b>90</b>	<b>92</b>
<b>M-escada</b>	<b>4,84± 0,42</b>	<b>4,86± 0,45</b>	<b>92</b>	<b>94</b>
<b>M-espreguiçar</b>	<b>4,70± 0,68</b>	<b>4,88± 0,39</b>	<b>68</b>	<b>86</b>
<b>M-marchar</b>	<b>4,84± 0,42</b>	<b>4,84± 0,42</b>	<b>82</b>	<b>74</b>
<b>M-passe</b>	<b>4,84± 0,42</b>	<b>4,88± 0,33</b>	<b>96</b>	<b>94</b>
<b>M-passo lado</b>	<b>4,82± 0,48</b>	<b>4,82± 0,48</b>	<b>88</b>	<b>96</b>
<b>M-pegar chao</b>	<b>4,80± 0,49</b>	<b>4,82± 0,44</b>	<b>94</b>	<b>96</b>

M- polichinelo	4,86± 0,40	4,90± 0,30	94	94
M-pular	4,74± 0,60	4,84± 0,42	96	96
M-rebater*	4,78± 0,51	4,88± 0,33	68	58

Os dados estão separados de acordo com gênero. Os vídeos apresentados em **negrito** representam os vídeos que serão incluídos da próxima fase do estudo. (\*)%acerto inferior a 60% em apenas um dos grupos.