
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA MOTRICIDADE

A COORDENAÇÃO BIMANUAL EM FUNÇÃO DO FOCO ATENCIONAL

BRUNO NASCIMENTO ALLEONI

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências da Motricidade, Área de Concentração da Biodinâmica da Motricidade Humana.

Maio - 2007

A COORDENAÇÃO BIMANUAL EM FUNÇÃO DO FOCO ATENCIONAL

BRUNO NASCIMENTO ALLEONI

Orientadora: Profa. Dra. ANA MARIA PELLEGRINI

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências da Motricidade (Área de Biodinâmica da Motricidade Humana).

RIO CLARO
Estado de São Paulo-Brasil
Maio/2007

Dedico esta obra à minha orientadora Ana Maria Pellegrini que, nestes quase cinco anos de LABORDAM, me ensinou muito na vida e não somente a escrever uma dissertação.

AGRADECIMENTOS

Aqui estou diante de mais um grande desafio, agradecer aos muitos que colaboraram para a execução desta pesquisa. Muitos que irei agradecer nem saberão que foram agradecidos enquanto que outros que gostariam de um agradecimento não irão encontrar a sua referência, mas tenho este espaço e muitos deverão aparecer na seqüência. Sempre que se estabelece uma seqüência deve ter uma ordem de prioridade para que uns sejam os primeiros e outros os últimos. Vou adotar a ordem de importância para o estudo, por isso, não se sinta uma pessoa humilhada em ver seu nome ao final desta seção.

Agradeço a todos os 21 participantes voluntários desta pesquisa que disponibilizaram ao menos três horas de suas vidas para que eu pudesse verificar o seu comportamento na coordenação bimanual, que não se intimidaram com a presença de uma câmera agindo naturalmente para que a situação fosse semelhante à execução de tarefas do cotidiano. Dentre estes participantes estão os meus irmãos de moradia, muitos já nem estão aqui na cidade e nem ao menos no país, mas que tenham certeza de que me ajudaram em muito para esta dissertação e mais ainda para minha vida acadêmica e social. Muitos que receberam apelidos e de forma carinhosa são tratados ainda como grandes amigos, amigos para serem lembrados não apenas neste momento, mas em outros eventos importantes de nossas vidas.

Ao pessoal do LABORDAM e do LEM, laboratórios que contribuíram para o enriquecimento de meu conhecimento científico, em suas reuniões e conversas, discussões de trabalhos e idéias para este e outros trabalhos

também. Pessoas que talvez tenha convivido por mais tempo do que o tempo que passo com minha família. Pessoas que me incentivaram a desenvolver um bom trabalho e a ter compromissos e responsabilidades.

Ao CNPq pelo suporte financeiro. Aos professores que me ensinaram em suas Disciplinas e àqueles que além de ensinar também buscaram uma aproximação de amizade, esperando futuros colegas professores e pesquisadores. E mais ainda, aos professores que também fazem parte de minha Banca, que contribuíram bastante para o fechamento desta obra. Fazendo com que o trabalho esteja compreensível e acessível a todos que tenham interesse em Comportamento Motor.

Aos meus parentes que me abrigaram durante alguns finais de semana me fazendo lembrar de que vivo porque antes de mim eles já viviam também e que estou aqui porque antes eles já quiseram estar também. O incentivo ao estudo e à formação acadêmica, a valorização daquilo que poucos valorizam, a Educação para ser educado e para educar aos que precisam.

Agradeço aos meus pais e meu irmão por valorizarem o estudo, por me fazer escolher e apoiar a minha própria escolha. Por se privarem de algum luxo, por ter menos tempo para descansar para me ajudar a conduzir minha vida, que é a minha própria, mas que é dividida com suas vontades.

E por falar em vontades penso sempre em minha Florzinha (Adriana), na vontade de me ter ao seu lado, na vontade de me olhar enquanto faz qualquer coisa, na vontade de proteger-lhe em seu sono, da vontade que tenho em fazer as suas vontades, mas ter que dar prioridade a situações menos prazerosas. Penso ainda, na vontade que tenho em lhe dizer, e digo: **“a amo”**.

RESUMO

A coordenação bimanual é um comportamento manifestado diariamente pelas pessoas na execução de tarefas do dia-a-dia. Controlar as duas mãos para varrer a casa, soltar pipa, costurar ou tocar piano são situações rotineiras que podem ser melhoradas e desempenhadas com precisão como resultado da prática. As tarefas unimanuais e as tarefas bimanuais que devem ser lideradas por uma das mãos, geralmente, são executadas apenas com a mão preferida, a mão direita para o maior número de pessoas. As ferramentas utilizadas nas tarefas do dia-a-dia são fabricadas para a mão direita e como consequência a diferença no desempenho é menor entre as mãos de pessoas com preferência manual esquerda. Manter um ritmo qualquer ou acertar alvos são tarefas que requeiram integridade de estruturas orgânicas, como por exemplo, os membros superiores e os sistemas visual e auditivo. O direcionamento da atenção visual pode ser muito importante na captura da informação para tocar alvos no plano horizontal, principalmente se as características espaciais e temporais das tarefas das duas mãos são diferentes. Contudo, as duas mãos estão separadas fisicamente e no desempenho em uma tarefa que requeira deslocamentos diferentes para as duas mãos o executante deve identificar a informação de uma das mãos para a execução precisa. O objetivo deste estudo foi verificar o efeito do direcionamento da atenção visual a uma das mãos no desempenho de uma tarefa bimanual com diferentes níveis de complexidade, em função da preferência manual. Pessoas com preferência manual direita e esquerda executaram uma tarefa de coordenação bimanual com

deslocamentos dos membros superiores para o toque em um ou mais alvos que estavam igualmente distantes no plano horizontal e em intervalos temporais iguais ou diferentes. O direcionamento da atenção visual foi manipulado em três condições experimentais, sendo em uma condição dirigida à mão preferida, em outra dirigida à mão não-preferida e, ainda, uma terceira condição de livre escolha do participante. As variáveis selecionadas para a análise dos dados foram o erro espacial e o erro temporal. Os resultados indicaram que as tarefas mais simples (1:1 e 2:1) foram desempenhadas com menor magnitude de erro espacial e temporal quando comparado com as tarefas mais complexas (3:1 e 3:2); as pessoas com preferência manual direita apresentaram melhor desempenho com a mão direita na execução da tarefa, enquanto que as pessoas com preferência manual esquerda apresentaram desempenho semelhante das mãos. Executar uma tarefa acompanhando um ritmo externamente marcado não depende de informação visual, pois a focalização visual a uma das mãos não interferiu na manutenção do intervalo temporal entre os toques. Houve um aumento na assimetria funcional como resultado do direcionamento da atenção à mão direita ou esquerda. A instrução dada pelo professor ao aluno quanto a olhar para a mão preferida pode facilitar o processo de aprendizagem como resultado da prática.

PALAVRAS-CHAVE: Coordenação bimanual, organização temporal relativa, preferência manual, atenção.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	REVISÃO DA LITERATURA	6
2.1	CARACTERÍSTICAS ESPACIAIS E TEMPORAIS DA TAREFA MOTORA DE TAMBORILAR	6
2.2	PREFERÊNCIA MANUAL	10
2.3	COORDENAÇÃO BIMANUAL	14
2.3.1	MODOS DE COORDENAÇÃO	17
2.3.2	TAREFAS BIMANUAIS COMPLEXAS	21
2.4	ATENÇÃO	28
3	OBJETIVO	36
4	HIPÓTESES.....	37
5	MÉTODO	39
5.1	PARTICIPANTES	39
5.2	MATERIAIS	40
5.3	PROCEDIMENTOS.....	40
5.4	TRATAMENTO DOS DADOS.....	45
5.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	46
6	RESULTADOS.....	48
6.1	CARACTERÍSTICAS DOS PARTICIPANTES QUANTO À PREFERÊNCIA MANUAL	48

6.2	DESEMPENHO ESPACIAL E TEMPORAL COM O DIRECIONAMENTO DA ATENÇÃO LIVRE.....	49
6.2.1	CONDIÇÃO 1:1 EM INTERVALOS TEMPORAIS DIFERENTES.....	49
6.2.2	CONDIÇÕES COM UM MESMO INTERVALO TEMPORAL ...	51
6.3	DESEMPENHO ESPACIAL E TEMPORAL COM A ATENÇÃO DIRIGIDA A UMA DAS MÃOS	55
7	DISCUSSÃO	59
7.1	ATENÇÃO LIVRE	61
7.2	ATENÇÃO À MÃO PREFERIDA.....	64
7.3	ATENÇÃO À MÃO NÃO-PREFERIDA	65
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
10	ABSTRACT	77
	ANEXO.....	79

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA TAREFA BIMANUAL NA CONDIÇÃO 1:1.....	42
FIGURA 2. REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA DISPOSIÇÃO DOS ALVOS NAS CONDIÇÕES 2:1, 3:1 E 3:2, EM FUNÇÃO DA PREFERÊNCIA MANUAL.	44
FIGURA 3. MÉDIA E DESVIO PADRÃO DO ERRO ESPACIAL (<i>PIXELS</i>) E DO ERRO TEMPORAL (MS) NA CONDIÇÃO 1:1, NOS INTERVALOS TEMPORAIS DE 300, 600 E 900 MS, INDEPENDENTE DA PREFERÊNCIA MANUAL.....	50
FIGURA 4. MÉDIA E DESVIO PADRÃO DO ERRO ESPACIAL (<i>PIXELS</i>) DA MÃO PREFERIDA NAS CONDIÇÕES 1:1, 2:1 E 3:1, NO INTERVALO TEMPORAL DE 300 MS, INDEPENDENTE DA PREFERÊNCIA MANUAL.	52
FIGURA 5. MÉDIA E DESVIO PADRÃO DO ERRO ESPACIAL (<i>PIXELS</i>) DA MÃO PREFERIDA NAS CONDIÇÕES 1:1 E 3:2, NO INTERVALO TEMPORAL DE 600 MS.	53
FIGURA 6. MÉDIA E DESVIO PADRÃO DO ERRO ESPACIAL (<i>PIXELS</i>) DA MÃO NÃO- PREFERIDA NAS CONDIÇÕES 1:1 E 2:1, NO INTERVALO TEMPORAL DE 600 MS.	53
FIGURA 7. MÉDIA E DESVIO PADRÃO DO ERRO ESPACIAL (<i>PIXELS</i>) DA MÃO NÃO- PREFERIDA NAS CONDIÇÕES 1:1, 3:1 E 3:2, NO INTERVALO TEMPORAL DE 900 MS.	54
FIGURA 8. MÉDIA E DESVIO PADRÃO DO ERRO TEMPORAL (MS) NAS TRÊS CONDIÇÕES DE ATENÇÃO, INDEPENDENTEMENTE DA PREFERÊNCIA MANUAL, DA MÃO E DA CONDIÇÃO.	56

FIGURA 9. MÉDIA E DESVIO PADRÃO DO ERRO TEMPORAL (MS) DE CADA UMA DAS MÃOS EM CADA UMA DAS QUATRO CONDIÇÕES.....	57
FIGURA 10. MÉDIA E DESVIO PADRÃO DO ERRO ESPACIAL (<i>PIXELS</i>) DE CADA UMA DAS MÃOS EM FUNÇÃO DO FOCO ATENCIONAL.....	58

1 INTRODUÇÃO

As mãos são utilizadas em tarefas cotidianas, no trabalho e no lazer, ao amarrar um cadarço ou lavar os cabelos, digitar um texto ou abrir uma caixa, arremessar uma bola ou segurar um livro. Pela sua importância para o homem e pela facilidade com que ele realiza atividades com as duas mãos, muitos estudos sobre a Coordenação Bimanual têm sido feitos com o objetivo de investigar as formas de Controle Motor. Compreender a maneira como as ações manuais são realizadas significa ampliar o conhecimento teórico para aqueles que trabalham com a aquisição de habilidades motoras ou na reeducação motora.

A tarefa manual é feita com uma ou duas mãos que se relacionam de modo a alcançar um objetivo. A execução de uma tarefa ocorrerá na medida em que o organismo produz um conjunto de ativações neuro-musculares numa determinada ordem e intensidade que satisfaçam as características espaciais e temporais de tal tarefa. O ritmo, na execução da tarefa motora, é estabelecido pela atividade neural responsável pela ativação muscular que garante os

deslocamentos espaciais dos segmentos corporais de acordo com a estrutura temporal da tarefa (GEORGOPOULOS, 1984).

Cada tarefa possui características espaciais e temporais que lhe são próprias, diferentes das características de qualquer outra tarefa motora, e estas características dizem respeito ao número de elementos (deslocamentos dos segmentos corporais) e à variedade de relações entre estes elementos. A complexidade da tarefa é maior ou menor dependendo do número destes elementos e das relações entre eles (BRESCIANI FILHO & D'OTTAVIANO, 2000). Em geral, a complexidade da tarefa é um fator determinante do nível de desempenho de ações motoras. Por exemplo, muitas tarefas realizadas no dia-a-dia são consideradas simples pela presença de poucos elementos e poucas relações entre eles. Porém, algumas são mais desafiadoras e requerem do organismo uma maior variedade de elementos a serem relacionados para sua execução com sucesso e entre elas encontramos as tarefas bimanuais.

Dentre as diversas tarefas bimanuais, o tamborilar com os dedos é uma das mais praticadas pelo ser humano, pois não requer material sofisticado, podendo ser executada, com o tocar dos dedos em uma caixa de fósforos ou em um pandeiro. Esta atividade de tamborilar é freqüentemente utilizada nos estudos de coordenação bimanual, pois oferece inúmeras possibilidades de combinar diferentes relações espaciais e temporais entre as mãos (BAADER, KAZENNIKOV & WIESENDANGER, 2005).

A estrutura espacial da tarefa motora compreende toda a seqüência de deslocamentos do corpo e/ou de segmento(s) do corpo no espaço, enquanto que a estrutura temporal se refere à duração destes deslocamentos do(s)

segmento(s) corporal(is) que, no seu conjunto, correspondem ao tempo total de execução da tarefa também identificado como tempo de movimento (TM). Alterações na dimensão espacial implicam em alterações na organização temporal relativa, considerando as medidas de velocidade e aceleração, de modo que as estruturas espaciais e temporais são mutuamente dependentes tanto no planejamento como na execução da ação motora (MAGILL, 1984). A característica espaço-temporal da tarefa motora é um primeiro fator que pode influenciar o desempenho na coordenação bimanual.

De acordo com Gentile (1972), na primeira fase da aprendizagem o executante deve ter uma idéia da ação a realizar para que possa então estabelecer um plano de ação. Tal "idéia" deve conter as características espaciais e temporais de tal tarefa e muitas vezes o aprendiz obtém esta idéia a partir da visualização da ação sendo executada por outro (modelo). Um plano de ação (ou programa motor) é então elaborado e deve conter o conjunto de comandos motores que, em sua seqüência e intensidade, vão garantir que a meta da tarefa seja alcançada com sucesso. Continuamente, o executante monitora os deslocamentos dos seus segmentos corporais em relação às metas espaciais que devem ser alcançadas.

Na execução de habilidades manuais, este monitoramento é feito através da atenção dirigida à(s) mão(s) antes e durante a execução da tarefa. Na execução de tarefas bimanuais, a atenção é dirigida às características espacial e temporal dos movimentos das duas mãos quando as duas mãos se encontram no foco visual. Por exemplo, o relojoeiro tem as duas mãos sendo

controladas visualmente ao mesmo tempo, pois as duas mãos trabalham próximas uma da outra.

Quando as duas mãos estão distantes uma da outra, então podemos acompanhar o movimento de uma ou da outra mão de modo intercalado ou priorizando o movimento de somente uma delas para a identificação dos componentes do organismo e da tarefa relevantes para a execução correta da ação. Assim, o foco atencional é um segundo fator que pode influenciar o desempenho na coordenação bimanual. De acordo com a literatura que utiliza a fase relativa (relacionamento temporal entre as mãos direita e esquerda, dado em graus) o resultado da focalização da atenção na mão preferida geralmente conduz a maior estabilidade no desempenho (menor desvio padrão da fase relativa) em comparação ao resultado obtido com o direcionamento da atenção à outra mão (AMAZEEN, AMAZEEN, TREFFNER & TURVEY, 1997). Contudo, algumas vezes prestar atenção na mão não-preferida pode ser a melhor estratégia para uma perfeita sincronia (fase relativa próxima a zero) na execução da tarefa (PELLEGRINI, ANDRADE & TEIXEIRA, 2004).

Um terceiro fator determinante do sucesso na coordenação bimanual é a quantidade de experiência anterior na realização de uma determinada tarefa, relacionado, portanto, com a quantidade de prática na tarefa. Os efeitos da prática na aprendizagem de polirritmos (coordenação bimanual com dois elementos independentes, um para cada mão, e que se encontram temporalmente em um período comum e cíclico) ficou evidente em estudo anterior (ALLEONI, 2003). Músicos praticaram e aprenderam os polirritmos 3:2 e 4:3, tarefas complexas de tamborilar com os dedos.

O tema central do presente estudo é o controle motor em tarefas bimanuais, em específico o efeito da atenção dirigida a uma das mãos na execução do tamborilar em diferentes níveis de complexidade. As questões focalizadas no presente estudo se referem a: (i) características espaciais e temporais do desempenho de uma tarefa de tamborilar em diferentes níveis de complexidade em função da preferência manual; (ii) influência do direcionamento da atenção no desempenho espacial e temporal dos participantes, e; (iii) relação espacial e temporal entre as mãos que conduziria a um melhor resultado, isto é, menor quantidade de ambos os erros, espacial e temporal.

2 REVISÃO DA LITERATURA

O presente estudo focaliza o efeito da atenção dirigida a uma das mãos na execução da tarefa de tamborilar executada em diferentes níveis de complexidade. O suporte teórico que subsidiará o presente projeto de investigação abrangerá aspectos do controle motor relacionados com as características espaciais e temporais das tarefas bimanuais, em particular as de tamborilar, o nível de complexidade destas tarefas, e o efeito da atenção dirigida às mãos em função da preferência manual.

2.1 CARACTERÍSTICAS ESPACIAIS E TEMPORAIS DA TAREFA MOTORA DE TAMBORILAR

O tempo de movimento (TM) e a organização temporal relativa (OTR) são os dois aspectos temporais mais importantes de uma tarefa motora. O tempo de movimento corresponde ao intervalo temporal entre o início e o fim de uma ação motora, compreendendo assim a duração total dos deslocamentos dos segmentos corporais que compõem a tarefa. O TM tem seu início com o primeiro deslocamento feito na execução da tarefa e termina quando a meta da

tarefa é alcançada e/ou o último deslocamento corporal relativo à tarefa é feito. O tempo de movimento varia de acordo com as restrições espaciais e temporais impostas na ação como um todo.

A Organização Temporal Relativa vem sendo utilizada na língua portuguesa como uma tradução da palavra inglesa “*relative timing*”. O *relative timing* é um parâmetro de grande importância no comportamento adaptativo do dia-a-dia do ser humano sempre que as demandas temporais da tarefa são alteradas (TYDESLEY & WHITING, 1975). A OTR é a estrutura temporal fundamental da tarefa e independe da velocidade e amplitude total do movimento (SCHMIDT, 1993). Ela corresponde ao conjunto dos tempos parciais dos componentes da ação em relação ao tempo de movimento. Toda e qualquer alteração no TM corresponde a uma alteração proporcional em cada um dos tempos parciais que constituem a OTR.

O espaço pode ser identificado como o local em que será realizada uma tarefa, uma área de atuação do organismo, e contém os alvos que ele deve atingir. Ele pode ser medido pelo comprimento da dimensão ocupada. De modo geral, a dimensão espacial está vinculada à passagem do tempo, pois na execução de uma tarefa há um intervalo temporal entre o início e o final do deslocamento de parte(s) do corpo no espaço, ou seja, de sua dimensão espacial.

Em uma tarefa com objetivos espaciais (toque em alvos ou desenho de círculos), a dimensão espacial pode ser avaliada com base na variabilidade espacial dos deslocamentos dos membros superiores. Acertar os alvos ou desenhar um círculo requer do indivíduo atenção durante a execução do

movimento, sincronizando espacial e temporalmente seus membros superiores com os componentes da tarefa. De modo geral, a atenção é dirigida a algo no espaço sendo que na coordenação manual a visão é responsável por identificar a informação para a ação motora, retro-alimentando o organismo para posterior correção do movimento.

Cada tarefa motora é executada pelo organismo em um determinado ritmo. Wing e Kristofferson (1973a; 1973b) propuseram um relógio interno que responderia pelo controle temporal das ações motoras do ser humano. A duração das ações motores estaria relacionada à identificação de um estímulo ambiental, à programação motora e à transmissão dos sinais neurais. Em uma tarefa de tamborilar, quando uma meta temporal é requerida através de um metrônomo, o indivíduo controla o intervalo temporal entre um toque e outro posterior pela transmissão dos sinais neurais.

Zelaznik, Spencer e Ivry (2002), com base nos resultados de quatro experimentos com tarefas de toque repetitivo de uma das mãos e desenho de círculos da outra mão, sugeriram que o momento de início de um movimento seria definido a partir de um estímulo externo (denominado processo explícito), ou seja, a resposta motora ocorreria a partir do estímulo fornecido pelo meio. No entanto, a estrutura temporal do movimento seria um processo implícito cuja resposta motora seria dada a partir das características internas do organismo. Como consequência das características do processo implícito, o executante da tarefa motora apresenta um mínimo de variabilidade de resposta no intervalo temporal entre um toque e o toque imediatamente posterior.

Outro elemento central na execução de habilidades manuais é a informação relevante das características espaciais e temporais para a ação, captada no meio ambiente ou no próprio organismo. Esta informação é captada pelos órgãos de sentido, dentre eles, a visão. Um trabalho clássico nos estudos sobre a captura de informação na coordenação manual é o de Keele e Posner (1968), no qual, o participante deslocava o membro superior a um ângulo de 45° no plano horizontal em diferentes tempos de movimento (150, 250, 350 e 450 ms) e com a captura da informação visual sendo ou não bloqueada. Foi constatado que o *feedback* visual de um movimento de duração maior do que 250 ms contribui para melhoria da precisão na realização da tarefa. O desempenho dos participantes na tarefa com o TM de 150 ms foi semelhante entre as condições com ou sem visão.

Zelaznik, Schmidt, Gielen e Milich (1983), em estudo semelhante ao de Keele e Posner, citado acima, porém com velocidades mais altas, verificaram que em movimentos rápidos (70 ms) a informação de *feedback* visual contribui apenas no que diz respeito à direção do movimento diante da não-alteração na amplitude do movimento com base na informação de *feedback* disponível. Em trabalho de revisão da literatura sobre este assunto Jeannerod (1991) sugeriu que tarefas com objetivos espaciais e temporais que requeiram correções de movimento deveriam ser realizadas com TM acima de 150 ms.

Diedrichsen, Hazeltine, Kennerley e Ivry (2001) realizaram um estudo focalizando a direção do movimento e verificaram que a execução de movimentos no sentido horizontal é mais rápida do que no sentido vertical. Os alvos a serem tocados pelos participantes foram colocados a 10 cm do ponto

inicial nas trajetórias paralelas (sentido horizontal) e ortogonais (sentido vertical). De acordo com os autores, movimentos para a direita ou para a esquerda são mais fáceis de serem executados pelos participantes em tarefas de laboratório do que os movimentos executados para frente ou para trás. Geralmente, os movimentos realizados no dia-a-dia são no sentido horizontal ou uma combinação do sentido horizontal com o vertical, de modo que, a experiência em tarefas do cotidiano pode facilitar a realização de tarefas de laboratório, utilizadas em experimento.

O tempo e o espaço são dimensões muito exploradas em estudos sobre o Comportamento Motor principalmente naqueles que envolvem a movimentação das mãos em direção a um mesmo alvo. As dimensões espaciais e temporais, avaliadas em termos dos erros espacial e temporal respectivamente, podem ser utilizadas para descrever as características da tarefa ou ainda como ferramenta para avaliação do comportamento humano em tarefas motoras. No presente estudo, estas dimensões serão manipuladas nas várias condições experimentais possibilitando avaliar a importância da atenção dirigida a uma das mãos na tarefa de tamborilar em função da preferência manual.

2.2 PREFERÊNCIA MANUAL

O ser humano ao longo de sua história de vida aprende a realizar diversas tarefas manuais para poder adaptar-se aos costumes da sociedade na qual ele vive. Tarefas como escrever uma carta, lançar uma bola ou pentear o cabelo, são feitas com apenas uma das mãos e o próprio indivíduo tem a

liberdade de escolher com qual mão irá realizá-las. A escolha de uma das mãos para realizar uma determinada tarefa é definida como preferência manual do indivíduo, que pode ocorrer a partir de alguns fatores como a imposição dos pais na utilização de uma das mãos já na infância ou pelo conjunto de restrições orgânicas de modo que ele próprio seleciona a mão que considera mais adequada para a realização da tarefa. Geralmente, esta escolha pela mão preferida se estabelece em crianças com idades entre quatro e dez anos (GUDMUNDSSON, 1993).

Este período da infância é propício para o desenvolvimento de diversas habilidades próprias da espécie humana e também para o aprendizado de habilidades culturais que são importantes para a sobrevivência de cada pessoa no meio social. Um bom exemplo de habilidade aprendida é o tamborilar que normalmente é ensinada por professoras de escola por volta dos seis anos de idade, quando a criança entra no Ensino Fundamental. Em estudo com 337 crianças, idades entre cinco e nove anos, Pellegrini, Hiraga, Andrade e Cavicchia (2003) solicitaram a execução das tarefas presentes no Inventário de Edinburgh (OLDFIELD, 1971) com algumas modificações para garantir o entendimento e a segurança das crianças. Os resultados mostraram que as crianças avaliadas apresentavam consistência por volta de 95% no uso da mão preferida.

Existem diferentes maneiras de se avaliar a preferência manual e de modo geral ela é determinada com base na mão que realiza as tarefas do dia-a-dia como escrever, recortar ou abrir uma caixa (OLDFIELD, 1971; TREFFNER & TURVEY, 1995; ROSA NETO, 2002). Em estudos que envolvam

a preferência manual, o meio utilizado para definir tal preferência é em forma de inventário, mas para algumas pessoas esta avaliação não é tão precisa (GABBARD, 1998). Ainda, algumas vezes as tarefas realizadas nos testes de laboratório são diferentes daquelas realizadas nos testes para definir a preferência manual de modo que pode ocorrer uma inversão na preferência manual do participante durante o experimento. De modo geral, a informação do próprio executante sobre sua preferência manual para escrever ou lançar uma bola tem sido utilizada na identificação da preferência manual em pesquisas sobre a coordenação manual e, ainda, uma posterior análise dos dados experimentais pode legitimar a informação obtida inicialmente.

Definir qual mão usar para realizar uma tarefa pode ser uma decisão fácil e muitas vezes rápida, sendo que há, na população como um todo, uma grande predominância de pessoas com preferência manual direita (destros) em relação às pessoas com preferência manual esquerda (canhotos). Como consequência, os materiais e ferramentas criados para uso diário como o abridor de latas, a maçaneta de uma porta ou o *mouse* do computador, foram dimensionados para uso da mão direita o que obriga pessoas canhotas a utilizarem com maior frequência à mão não-preferida quando comparado com pessoas destras.

O uso constante de uma mesma mão em habilidades unimanuais já no período da infância e de ambas as mãos pelos canhotos pode provocar assimetria funcional, ou seja, diferença de desempenho entre as mãos devido à utilização predominante de uma delas nas tarefas realizadas no dia-a-dia (FAGARD, 1987). Em todas as tarefas que requerem a utilização de apenas

uma das mãos ou mesmo nas tarefas bimanuais nas quais uma das mãos deve liderar o movimento (como na ação de varrer, onde a mão que segura a parte de cima da vassoura comanda o movimento e a mão de baixo serve como estabilizador do objeto), a mão preferida é a executante ou a mão “líder”, escolhida pela própria pessoa. A mão preferida será sempre a escolhida para a execução da tarefa a não ser que haja uma forte restrição impedindo o seu uso.

Alguns estudos na área do comportamento motor têm sido realizados para investigar o efeito da assimetria funcional. Um exemplo é o estudo de Hoffmann, Chang e Yim (1997) no qual os autores investigaram o uso do *mouse* por 20 participantes, sendo dez destros e dez canhotos, em uma tarefa unimanual de acertar alvos de diferentes índices de dificuldade com a mão direita ou esquerda. Com base nos resultados eles concluíram que o tempo de movimento da mão não-preferida dos canhotos foi menor do que o dos destros. Ainda, a semelhança no comportamento entre as mãos dos canhotos não foi observada entre os destros que apresentaram melhor desempenho da mão direita, a preferida, comparado com o da mão esquerda, a não-preferida. Mas, como seria o comportamento das mãos em tarefas bimanuais? Esta diferença de desempenho entre as mãos também seria observada entre pessoas com preferência manual direita e esquerda?

As respostas motoras realizadas pelas pessoas a estímulos provenientes do meio ambiente são passíveis de atrasos ou antecipações, porém, em geral, elas tendem a antecipar os movimentos de uma mão em relação à outra. O desempenho dos dedos na ação de tocar violino foi

comparado por Baader, Kazennikov e Wiesendanger (2005) com pessoas de níveis diferentes de experiência. Os resultados indicaram haver antecipação quanto à tentativa de sincronização a um estímulo e que havia sempre uma diferença, de 50 a 100 ms entre os dedos, a favor dos dedos mais utilizados, não-perceptível aos participantes. Relacionando as mãos direita e esquerda em tarefas bimanuais, simples e complexas, em um estudo com seis músicos e seis não-músicos, todos destros, Summers, Ford e Todd (1993), concluíram que a mão não-preferida (esquerda) atrasava em relação ao intervalo temporal esperado e era subordinada à mão preferida (direita). Em resumo, há evidências na literatura de diferenças entre as mãos na realização de diferentes tarefas bimanuais em função da preferência manual.

Feitas as considerações iniciais sobre as características espaciais e temporais da tarefa motora e sobre diferenças entre as mãos devido à preferência manual serão abordados a seguir assuntos mais específicos ao foco principal do estudo que são: a coordenação bimanual e a atenção dirigida a uma das mãos.

2.3 COORDENAÇÃO BIMANUAL

A área de estudo do Comportamento Motor teve um grande impulso em seu desenvolvimento com a tradução dos trabalhos de Bernstein (1967), quando foi exposta a necessidade do ser humano solucionar dois problemas para o controle motor, a saber: o dos graus de liberdade do organismo para a realização de movimentos voluntários e o da variabilidade condicionada ao contexto em que o movimento é executado. O problema dos graus de liberdade

se refere às inúmeras estruturas articulares, ósseas e musculares que se relacionam para que o organismo realize uma ação motora. De modo geral, a execução adequada de uma ação motora ocorre em decorrência da prática realizada pelo indivíduo que aos poucos vai aprendendo a liberar, “congelar” e controlar os graus de liberdade de modo a apresentar os relacionamentos adequados para a habilidade em questão. Além disso, a execução da tarefa motora deve ser planejada a partir das características do contexto em que o indivíduo se encontra naquele momento, ou seja, a seleção e a ativação dos músculos e articulações para a produção dos deslocamentos dos segmentos corporais depende do contexto em que a ação é realizada. Por exemplo, a flexão do braço pode ser feita com a ativação/co-ativação de diferentes músculos dependendo da posição em que o indivíduo se encontra perante a ação da força da gravidade. Portanto, não existe um único conjunto de ativações musculares para execução de uma tarefa motora, mas vários deles que serão utilizados dependendo, por exemplo, das forças externas que agem no organismo.

Os estudos de Gibson (1966; 1979) contribuíram para nortear as discussões a respeito da importância da interação do indivíduo com o ambiente. O organismo passou a ser considerado como pertencente a um nicho ecológico que está em constante mudança, de modo que ora o organismo induz a mudança no meio, ora ele é induzido a mudanças pelo meio. No contexto da abordagem ecológica gerada pela contribuição de Gibson, a informação passou a ser considerada a partir dos estímulos obtidos pelo organismo pertinentes à ação a executar. O conceito de *affordance*,

introduzido por Gibson, sinaliza ao homem o que é permitido a ele realizar num determinado ambiente, como por exemplo, ao ver uma cadeira o ser humano sabe que pode sentar na mesma ou que uma faca permite cortar algo desde que segura de uma determinada forma.

A partir do referencial teórico de Bernstein e Gibson, a área de estudo do comportamento motor foi direcionada ao estudo da relação do indivíduo com o meio. Newell (1986) acrescentou a tarefa a esta relação, formando um trinômio organismo-ambiente-tarefa, em que cada componente possui um conjunto de características restritivas que permitem a ocorrência da coordenação e do controle da ação motora. Por exemplo, um indivíduo, na posição ereta em um piso escorregadio e que precisa transportar uma bandeja com copos de água, precisa ampliar a base de apoio das pernas e dos pés e diminuir a passada do andar. Assim, o indivíduo não realiza simplesmente movimentos, mas na sua interação com o ambiente, ele realiza uma tarefa com objetivos espaciais e temporais e cujo desempenho depende das restrições tanto do próprio organismo, do ambiente como, também, da tarefa a ser executada.

Elemento central na execução de habilidades motoras está a coordenação, definida por Turvey (1990) como a organização do controle do aparato motor. A realização de um movimento se inicia pela ativação dos músculos para que o corpo se desloque de modo a alcançar o objetivo da tarefa. Contudo, a simples ativação muscular para um determinado fim não é suficiente para alcançar a meta, pois são necessários ajustes para controlar o corpo até a meta ser alcançada (NEWELL, 1985). No caso da coordenação

manual, é necessário que haja comandos para estabilizar o tronco e a cabeça permitindo a realização precisa da tarefa pela(s) mão(s).

2.3.1 Modos de coordenação

As ações bimanuais podem ser identificadas a partir dos padrões motores que emergem da relação espaço-temporal entre os membros superiores. Kelso (1995) define padrão motor como um comportamento com características próprias e exclusivas que o identificam e possibilitam ser reproduzido pelo mesmo organismo ou por outros organismos. Os padrões de coordenação são executados de forma harmoniosa pelo organismo de modo que o padrão mais estável será o modo de coordenação “preferido” do sistema.

O padrão de coordenação foi identificado por Kelso, Holt, Rubin e Kugler (1981) na coordenação bimanual na oscilação do dedo indicador das mãos direita e esquerda e por Grillner (1982, In: HAKEN, KELSO & BUNZ, 1985) na locomoção de quadrúpedes no relacionamento entre as patas dianteiras e traseiras. Grillner teria identificado uma mudança no padrão conforme o cavalo aumentava a velocidade, mudança esta do modo “fora de fase” para o modo “em fase”, sendo que em altas frequências o sistema passaria a coordenar os dois membros anteriores como se fossem um, o mesmo ocorrendo com os dois membros posteriores, havendo um estado atrator que “puxaria” (atrairia) o sistema para aquele comportamento.

Posteriormente, Kelso, um estudioso do comportamento motor, junto com um físico e um matemático (HAKEN, KELSO & BUNZ, 1985) apresentaram um modelo matemático (conhecido como Modelo HKB) para identificar a estabilidade e a quebra da estabilidade dos deslocamentos inter-

membros. Os autores demonstraram em fórmulas a estabilidade dos padrões de coordenação, identificados como “em fase”(realizados pela co-ativação de músculos homólogos, em uma relação de fase entre os membros de 0° ou 360°) e “fora de fase” (realizados pela co-ativação de músculos não-homólogos), em uma relação de fase entre os membros de 180° . Estes dois modos estáveis de coordenação (0° e 180°), quando solicitados, poderiam ser facilmente demonstrados pelos participantes. Porém, o modo “em fase” mostrou ser mais estável, pois o aumento gradativo da frequência de movimento na relação de 180° induziu a mudança para a relação de 0° . No entanto, a frequência de movimento na relação de 0° quando aumentada não conduziu a modificação nesta relação. A frequência foi identificada como parâmetro de controle, pois é a variável do sistema que, ao ser manipulada, determina o comportamento do mesmo.

O padrão de coordenação “em fase” é considerado um estado atrativo do sistema e se refere a movimentos dos segmentos corporais que são sincronizados. Com isso, o ser humano limita-se a fazer atividades iguais ou complementares com os segmentos corporais, e poucas vezes a mão direita realiza, simultaneamente, tarefa diferente à da mão esquerda. Swinnen, Young, Walter e Serrien (1991) exploraram a capacidade do Sistema Nervoso Central do ser humano de organizar e controlar paralelamente dois padrões de movimento. As variáveis utilizadas foram o tempo de movimento, a amplitude de movimento, a aceleração angular e a atividade eletromiográfica do bíceps e do tríceps braquial. Nestes níveis de análise do movimento foi detectada uma tendência em sincronizar os deslocamentos espaço-temporais do membro

direito com os do membro esquerdo. Contudo, a prática específica contribuiu para que o sistema conseguisse minimizar esta tendência de sincronização.

A prática pode contribuir para a emergência de um outro estado atrativo que não o “em fase” e o “fora de fase”. Zanone e Kelso (1992) e Wenderoth e Bock (2001) comprovaram que a relação de fase inter-membros de 90° também poderia ser um estado atrativo para o sistema, pois este modo de coordenação na relação de fase de 90° apresentou maior estabilidade após um período de prática. Bom desempenho também pode ser alcançado após certo período de prática em tarefas de ritmos manuais diferentes, como por exemplo, nos polirritmos 5:3 (SUMMERS & KENNEDY, 1992) e 3:2 (KURTZ & LEE, 2003).

Na área do Comportamento Motor, os estudos dirigidos à aprendizagem de padrões mostram que o ser humano é capaz de adquirir padrões de coordenação bimanual que não são realizados no dia-a-dia. E a aquisição de padrões estáveis de coordenação pode facilitar o aprendizado de um novo padrão de coordenação (ZANONE & KELSO, 1997; WENDEROTH, BOCK & KROHN, 2002). A aprendizagem e também a transferência de aprendizagem para um novo padrão de coordenação foram confirmadas por Smethurst e Carson (2001) através de um programa de treinamento com a relação de 90° entre os membros e a transferência posterior para a relação de 270° entre os membros. Os autores demonstraram que o aprendizado da tarefa foi confirmado tanto em termos de precisão no acoplamento entre os membros quanto na estabilidade do padrão de coordenação requerido.

Wenderoth e Bock (2001) sugeriram três processos distintos que poderiam influenciar um padrão de coordenação: a mudança de um padrão, a manutenção de um padrão e a intencionalidade na execução de um padrão de coordenação. A mudança e a manutenção de um padrão poderiam ser vistos quando da manipulação de um parâmetro de controle, sendo que haveria um acoplamento neural para os movimentos voluntários manuais e os autores consideraram ainda que este acoplamento talvez fosse a nível subcortical.

A intencionalidade na execução de um padrão de coordenação foi estudado por Mechsner, Kerzel, Knoblich e Prinz (2001). Os autores observaram que a mudança de um padrão a outro não ocorre apenas com os músculos homólogos, pois a posição dos membros pode não interferir na emergência de um estado atrativo. Para estes autores, a coordenação e o controle de padrões de coordenação são processos puramente cognitivos. Por sua vez, Pellecchia e Turvey (2001) demonstraram que o modo de coordenação “fora de fase” poderia ser estável o suficiente de modo a não sofrer mudança mesmo com o aumento da frequência na coordenação bimanual pela atividade cognitiva intencionalmente dirigida a este objetivo. A intencionalidade do indivíduo determinaria exclusivamente a execução de determinado modo de coordenação. Contudo, Mechsner e seus colaboradores foram questionados pelos pesquisadores da área e criticados principalmente por Carson e Kelso (2004).

O trabalho de Mechsner e seus colaboradores recebeu tanta atenção dos pesquisadores da área de Controle Motor, mais especificamente da Coordenação Bimanual, que um periódico internacional (*Journal of Motor*

Behavior) publicou uma edição no ano de 2004 em que Mechsner teve a oportunidade de defender sua idéias e diversos autores renomados da área de Controle Motor puderam se manifestar favoráveis ou não às idéias de Mescher e colaboradores (2001). Dentre os artigos publicados está o de Carson e Kelso (2004), onde eles defenderam a participação do sistema como um todo, considerando os aspectos neural, anatômico, cognitivo e cortical na organização do movimento, descartando a possibilidade de uma atuação exclusivamente psicológica (cognitiva). O presente trabalho focaliza não só a atenção que é um mecanismo de grande importância na cognição, mas também outros elementos do sistema que também desempenham papel importante na organização da coordenação bimanual, em específico na tarefa de tamborilar em diferentes níveis de complexidade.

2.3.2 Tarefas bimanuais complexas

As atividades bimanuais nos modos “em fase”, “fora de fase” e de 90° são executadas por uma relação simples entre as mãos (1:1), isto é, a cada movimento de um membro há um movimento do outro membro. Existem tarefas com outras relações entre os toques da mão direita e da mão esquerda como, por exemplo, 2:1, 7:4. As relações simples ou múltiplas integrais são estabelecidas quando a divisão do 1° elemento pelo 2° gera um número inteiro (por exemplo, 1:1, 2:1, 3:1) (DEUTSCH, 1983). Ainda segundo esta autora, as relações são identificadas como complexas quando a proporção entre os dois elementos resulta em um número não-inteiro (por exemplo, 3:2, 7:5, 6:5)

Geralmente, estas estruturas temporais complexas são estudadas em pesquisas com tarefas bimanuais polirrítmicas (HANDEL & OSHINSKY, 1981;

DEUTSCH, 1983; PETERS & SCHWARTZ, 1989; SUMMERS & KENNEDY, 1992; SUMMERS, FORD & TODD, 1993; SUMMERS, ROSENBAUM, BURNS & FORD, 1993; KURTZ & LEE, 2001; KURTZ & LEE, 2003) com batidas seguidas em um mesmo lugar como no tamborilar sem uma meta quanto ao deslocamento espacial.. Contudo, as tarefas realizadas no dia-a-dia não são puramente temporais de modo que para verificar o comportamento do sistema seria importante investigar tarefas próximas às realizadas no cotidiano, portanto incluindo deslocamento espacial.

Na revisão da literatura sobre este assunto encontramos alguns estudos nos quais metas espaciais e temporais foram combinadas nas tarefas estudadas como no de Kelso, Southard e Goodman (1979) e no de Marteniuk, McKenzie e Baba (1984). Estes pesquisadores buscaram verificar o acoplamento temporal e espacial das mãos para o acerto de diferentes alvos e concluíram que os executantes provaram iniciar e terminar os movimentos juntos, mesmo quando eles diferiam em complexidade.

Tarefas bimanuais em que as mãos desempenham deslocamentos espaciais diferentes foram utilizadas também em vários estudos sobre o comportamento do sistema. Por exemplo, no estudo de Franz, Zelaznik e McCabe (1991), os participantes desenhavam um círculo com uma mão enquanto a outra mão fazia uma reta. Em um outro estudo, Franz, Eliassen, Ivry e Gazzaniga (1996) em vez da reta a outra tarefa era um triângulo. Os resultados destes dois estudos evidenciaram a dificuldade ou mesmo impossibilidade das mãos executarem tarefas espacialmente diferentes ao mesmo tempo.

As tarefas bimanuais com características espaciais e/ou temporais diferentes para cada uma das mãos podem ser consideradas como complexas se comparadas às tarefas feitas com apenas uma das mãos ou ainda, às tarefas bimanuais com características espaciais e temporais semelhantes. Este maior nível de complexidade é decorrente da necessidade do controle de um maior número de elementos diferentes. Tracy, Faro, Mohammed, Pinus, Madi e Laskas (2001) estudaram a ativação cerebral, através da técnica de imagem de ressonância magnética funcional (fMRI), em pessoas normais com preferência manual direita realizando movimentos unimanuais e bimanuais de pronação e supinação do antebraço. Os autores concluíram que a execução de movimentos bimanuais implica num maior número de regiões do cérebro sendo ativadas quando comparado com o número de regiões ativadas durante movimentos realizados com apenas uma das mãos.

Considerar ser a atividade bimanual mais complexa do que a atividade unimanual pelo simples fato de haver um maior número de elementos a serem controlados pode não ser suficiente diante dos pressupostos da Teoria da Complexidade. De acordo com esta teoria, a complexidade é identificada pela maior quantidade e variedade de elementos de um sistema e de relações entre os elementos. Um sistema pode ser definido como uma entidade unitária de natureza complexa e organizada, formado por um conjunto de elementos ativos que mantém relações garantindo a identidade do mesmo (BRESCIANI FILHO & D'OTTAVIANO, 2000). O homem pode ser visto como um sistema que possui diversos elementos diferentes e que mantém relação com outros sistemas ao seu redor. O comportamento do sistema, no que tange à produção do

movimento, pode ser entendido como resultado das interações dos muitos graus de liberdade dos sub-sistemas, característicos em sistemas complexos que emerge a partir da interação destes sub-sistemas (BARELA, 1997). Na execução de uma atividade bimanual, as relações estabelecidas entre os sub-sistemas podem ser bem desempenhadas pelo organismo por serem relativamente simples e permitirem a participação dos dois membros superiores.

Em um primeiro momento, seríamos levados a pensar que o nível de desempenho de uma das mãos na tarefa unimanual seria sempre melhor do que o desempenho desta mesma mão na tarefa bimanual. Helmuth e Ivry (1996) utilizaram o modelo do relógio interno de Wing e Kristofferson (1973a; 1973b), citado anteriormente, para verificar a variabilidade do intervalo entre toques executados em seqüência, tendo sido assumido que o ser humano possui um relógio interno e que o intervalo entre os toques deveria ser mantido estável. Com base nos dados experimentais levantados, Helmuth e Ivry (1996) observaram que a variabilidade da mão não-preferida na tarefa de *tapping* bimanual foi menor em relação à variabilidade desta mesma mão no *tapping* unimanual. A variabilidade também foi menor quando a tarefa de toque simultâneo foi realizada com a ativação simultânea de diferentes grupos musculares e em diferentes membros de uma mesma pessoa (por exemplo, cotovelo direito e dedo indicador da mão esquerda). A explicação dada por Helmuth e Ivry foi que na tarefa manual o sistema fornece estímulo de ativação muscular para os dois lados do corpo (sejam as mesmas estruturas anatômicas ou estruturas diferentes) e que na execução da tarefa unimanual o sistema

precisa inibir a estimulação do lado que não será utilizado na ação. Os resultados indicaram que o desempenho de cada uma das mãos foi mais estável na tarefa bimanual em relação ao desempenho na tarefa unimanual e os autores concluíram que esta melhora de desempenho estaria relacionada com o controle intrínseco das ações, isto é, com a organização interna do sistema.

Na seqüência de seus estudos sobre coordenação bimanual Ivry e Hazeltine (1999) compararam o desempenho de uma paciente com calosotomia (secção do corpo caloso) com o desempenho de duas pessoas normais. Os desempenhos da paciente e das pessoas normais foram semelhantes e os resultados foram similares aos encontrados anteriormente por Helmuth e Ivry (1996, Experimento 2). Tais resultados levaram os autores a sugerir que os comandos dos dois hemisférios são integrados sub-corticalmente.

Nesta linha de pesquisa, Franz, Zelaznik, Swinnen e Walter (2001) focalizaram o efeito das propriedades espaciais da tarefa de desenho de semi-círculos com uma ou duas mãos em quatro condições. Na condição unimanual deveriam ser feitos semi-círculos com cada uma das mãos na parte superior e na parte inferior do espaço; na tarefa bimanual as condições eram de semi-círculos na parte inferior-superior, superior-inferior, inferior-inferior e superior-superior considerando as mãos direita e esquerda. O desempenho do deslocamento dos membros nas condições unimanuais foi semelhante ao desempenho nas condições bimanuais superior-superior, inferior-inferior, superior-inferior. A condição inferior-superior foi desempenhada com maior

variabilidade espacial, resultado explicado pelos autores por ser uma condição não vivenciada anteriormente pelos participantes ao contrário das demais condições.

Estudar o Comportamento Motor com base em experimentos que utilizam apenas tarefas unimanuais ou mesmo tarefas bimanuais simples pode dar uma visão parcial do problema, pois os seres humanos também realizam atividades motoras que são coordenadas na relação mais complexa entre os membros (como por exemplo, tocar piano ou desempenhar malabarismo com três ou mais bolas). De modo geral, estudos que se apóiam na performance de atividades complexas são realizados com a avaliação das dimensões espaciais e temporais dos deslocamentos espaciais e intervalos temporais específicos de cada uma das mãos.

A realização da tarefa em diversos níveis de complexidade é fundamental para que o indivíduo possa responder com precisão em situações mais desafiadoras. Por exemplo, no estudo de Hicks, Bradshaw, Kinsbourne e Feigin (1978), diminuição no nível de performance da mão direita dos participantes em tarefa dupla (pressionar teclas e falar uma frase) ocorreu na tarefa de nível de complexidade mais elevado que consistia em pressionar quatro teclas diferentes com os dedos da mão direita e da mão esquerda e ainda recitar uma frase solicitada. Sendo assim, estudos que visam investigar a atenção na coordenação bimanual deveriam ser conduzidos com tarefas de diferentes níveis de complexidade para que se obtivesse o resultado do comportamento em situações que demandem diferentes demandas atencionais

do participante. A revisão da literatura apontou vários estudos sobre isso ainda na década de 80.

Handel e Oshinsky (1981), analisaram o desempenho de 17 músicos executando cinco diferentes condições complexas de coordenação bimanual (2:3, 2:5, 3:4, 3:5 e 4:5). Os resultados indicaram que o desempenho dos participantes foi pior nas condições mais complexas (3:5 e 4:5). Deutsch (1983) realizou um experimento semelhante no qual três músicos realizaram 25 condições de uma tarefa em que todos os movimentos bimanuais possíveis foram combinados envolvendo no mínimo um e no máximo cinco toques com cada uma das mãos (por exemplo, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 1:5, 2:1, 2:2, 2:3 2:4, 2:5, e assim por diante). O desempenho na habilidade bimanual nos níveis complexos (como 3:2, 4:3, 5:2 ou 5:4) foi significativamente pior que nos níveis simples (como 1:1, 2:1 3:3 ou 4:1). Ainda, entre as condições complexas, a execução da coordenação 2:3 foi mais precisa que a execução da 2:5 e a execução da 5:2 foi mais precisa que a das condições 5:4 e 5:3, que eram as mais complexas.

As tarefas de coordenação bimanual dependem principalmente dos sistemas visual, auditivo e proprioceptivo para a obtenção das informações relevantes para execução da ação motora. De acordo com Hatore (2005), o sistema visual desempenha importante papel na obtenção das informações espaciais, principalmente em tarefas cujos objetivos consistem no acerto de alvos, assim como os sistemas auditivo e proprioceptivo são responsáveis pela obtenção das informações temporais disponíveis no meio ambiente. Khan Lawrence, Fourkas, Franks, Elliott e Pembroke (2003) realizaram um estudo

semelhante ao de Keele e Posner (1968), porém com diferentes distâncias a serem atingidas e com a informação visual sendo fornecida em um vídeo. Os resultados indicaram que a informação visual interfere na precisão espacial da tarefa independentemente do tempo de movimento (tempos de movimento utilizados: 225, 300, 375 e 400 ms). Porém, o desempenho espacial dos participantes (todos com preferência manual direita) variou mais nos dois alvos mais distantes (distâncias utilizadas: 6, 12, 18 e 24 cm). Uma vez que a obtenção da informação visual depende da atenção dirigida a aspectos relevantes para a execução da tarefa, apresentamos a seguir revisão da literatura sobre a questão do direcionamento da atenção.

2.4 ATENÇÃO

Todo mundo sabe o que a atenção é, mas tem muita dificuldade em explicar ou definir exatamente o que ela seja. Poderiam ser colocadas diversas afirmações populares com respeito ao que é atenção, mas ainda assim, talvez, não se chegasse ao significado preciso do termo atenção. Uma afirmativa bastante comum no contexto escolar é que os alunos não aprendem porque não prestam atenção. Estaria a atenção relacionada com a identificação de toda e qualquer informação que entra no sistema? Mas o que seria informação? Um bom número de pesquisas focaliza a atenção e a informação, pois estes são elementos do comportamento que, com certeza, estão presentes na execução de toda e qualquer atividade.

Uma busca na literatura considerada clássica nos leva ao trabalho do filósofo William James (1890, citado em PELLEGRINI, 2001) que definiu a atenção como:

It is the taking possession by the mind, in clear and vivid form, of one of what seem several simultaneously possible objects or trains of thought. Focalization and concentration of consciousness are of its essence. It implies withdrawal from some things in order to deal effectively with others (p. 303-304).

O conceito contém termos como concentração, manter o pensamento em objetos indicando que os processos cerebrais devem estar ativos no momento em que a atenção dirige a ação. Um movimento pode ser realizado muito bem sem a participação da consciência, ou sem a utilização da atenção, mas a atenção é fundamental para um bom desempenho de uma ação voluntária, intencional. A utilização da atenção pelo organismo para a realização de uma determinada tarefa tem relação direta com a utilização da visão para focalização do alvo quando um ou mais objetivo(s) da tarefa requer(em) deslocamento espacial.

A fixação dos olhos em um ponto no espaço possibilita ao organismo estabilizar uma área informativa do campo de visão na região da fóvea, permitindo um processamento detalhado de informação (RODRIGUES, 2001). Neste sentido, o organismo é entendido como percebedor por ser capaz de perceber a informação que está no ambiente ao captar a luz e processar a informação de acordo com suas experiências prévias.

A identificação dos estímulos relevantes para uma determinada ação está relacionada ao fixar os olhos em um ponto no espaço. Isso ocorre quando um nível mínimo de atenção é alocado ao alvo no ambiente. De acordo com Posner e Raichle (1994), o sistema visual é o sistema sensorial mais importante na alocação da atenção. Porém, algumas considerações devem ser feitas com relação ao sistema visual pois, de acordo com Abernethy (1988, citado por RODRIGUES, 2001), a ação de **olhar** (fixação na fóvea) é diferente de **ver** (processamento de informação ou extração de dicas), sendo possível fixar a atenção visual em um objeto sem extrair informação específica a respeito dele. No estudo do Comportamento Motor, e em específico da Coordenação Bimanual, o investigador precisa ter conhecimento do direcionamento do olhar do executante e instruí-lo sobre a atenção dirigida à informação relevante para a execução da tarefa. É difícil ter certeza de quanto de atenção está sendo alocada em uma ação em um determinado momento, porém o desempenho do participante nesta ação pode refletir como a atenção está sendo distribuída a tal tarefa.

A inclusão de algo novo no campo visual ou mesmo a simples mudança intencional de direção de um movimento requer o controle consciente da ação. O indivíduo precisa ter intenção de realizar a tarefa e esta intenção deve comandar o direcionamento do foco atencional que, portanto, deve estar dirigido à tarefa que está sendo realizada. De acordo com Treffner e Turvey (1995), o nível de atenção que é alocado à tarefa determina o nível de desempenho em atividades que requerem precisão como as mãos. A atenção alocada à tarefa tem um “custo” para o cérebro requerendo um tempo maior

para realização das ações motoras, principalmente se o organismo estiver realizando uma tarefa dupla (HIRAGA, SUMMERS & TEMPRADO, 2004).

A capacidade de uma pessoa alocar atenção a uma determinada tarefa depende principalmente da integridade estrutural do organismo, ou seja, depende de que suas células e órgãos estejam funcionando normalmente. Por exemplo, as vias neurais devem estar transmitindo informação, os órgãos de sentido captando os estímulos do ambiente e a informação sendo encaminhada aos órgãos de integração sensório-motora. A tarefa também deve ser importante para a pessoa que a irá realizar de modo que ela deve conter um significado para quem a realiza. A capacidade adquirida de centrar atenção a uma tarefa principal é muito importante para o ser humano que precisa aprender diversas habilidades motoras, cognitivas, de comunicação e adquirir amplo conhecimento a respeito do ambiente em que vive.

Karatekin (2004), em estudo com crianças e adultos, verificou pelo paradigma da tarefa dual (duas tarefas diferentes sendo realizadas em um mesmo tempo) que o nível de habilidade de alocar atenção a uma tarefa aumenta com o aumento da idade, isto é, a criança possui pouca habilidade em alocar atenção comparada a um adulto. De acordo com Alleoni, Pellegrini, Tinos e Hatore (2005), em estudo com crianças, a capacidade de focalizar atenção a um estímulo pode ser aumentada a partir de um treinamento adequado, ou programa de intervenção. A prioridade atencional pode ainda, conforme Monno, Chardenon, Temprado, Zanone e Laurent (2000), adiantar a mudança de fase entre os membros. Neste estudo, a atenção foi dirigida à execução dos movimentos e o modo de coordenação “fora de fase” mudou

para o modo “em fase” na frequência de 2 Hz, 0.5 Hz a menos que a frequência que provocou o mesmo efeito no estudo de Haken, Kelso e Bunz (1985).

Assim, se a atenção é dirigida ao objetivo da tarefa, por exemplo, tocar em alvos com as duas mãos a determinados intervalos de tempo, então, a atenção deveria ser alocada às duas mãos. Porém, se as duas mãos estiverem distantes uma da outra, há uma restrição do sistema visual que impede a realização da tarefa de toques manuais com a atenção sendo dirigida simultaneamente para ambas às mãos. O indivíduo precisa, então, escolher para qual lado do corpo deverá a atenção ser dirigida no momento de execução da tarefa e esta escolha geralmente se dá pela história de vida da pessoa, isto é, pelas experiências anteriores. A fixação do foco visual permitindo o direcionamento da atenção visual a um dos membros superiores ou mesmo a alternância da atenção de um segmento a outro pode ocorrer em função da preferência manual que o indivíduo desenvolveu ao longo dos anos com a realização das diversas tarefas do cotidiano. A preferência manual é, assim, fator determinante do desempenho das mãos em tarefas bimanuais.

A diferença espacial e temporal entre a mão preferida e a mão não-preferida em função da preferência manual na execução de tarefas manuais pode ser influenciada por algumas restrições impostas à tarefa, como por exemplo, pelo direcionamento da atenção. Wuyts, Summers, Carson, Byblow e Semjen (1996) estudaram o comportamento de pessoas com preferência manual direita e esquerda em uma tarefa bimanual de desenhar círculos na relação espaço-temporal de 1:1. Para os autores, apesar da atenção à mão

não-dominante ter melhorado o desempenho desta mão, as características globais do padrão não modificaram. Com isso os autores concluíram que a atenção pode não ser considerada informação relevante para a coordenação intermembros nesta tarefa bimanual de desenhar círculos.

Contudo, de acordo com Amazeen, Amazeen, Treffner e Turvey (1997), a assimetria funcional pode ser minimizada ou maximizada pela focalização da atenção a uma das mãos. Com uma tarefa bimanual de deslocamento de pêndulos, também na relação espaço-temporal de 1:1, os autores concluíram que as duas mãos tiveram desempenho mais semelhante (maior acoplamento) quando a atenção esteve dirigida à mão não-preferida, porém maior estabilidade foi manifestada quando a atenção foi dirigida à mão preferida. Ainda, a mão preferida liderou mais o movimento das mãos dos participantes com preferência manual esquerda do que daqueles com preferência manual direita.

Ainda nesta relação espaço-temporal de 1:1, Pellegrini, Andrade e Teixeira (2004) verificaram, em uma tarefa de toques repetitivos recíprocos, que quando as crianças dirigem a atenção para a mão não-preferida o acoplamento entre as mãos (preferida e não-preferida) é maior (menor fase relativa). Este resultado foi semelhante ao de adultos obtido por Riley, Amazeen, Amazeen, Treffner e Turvey (1997) em estudo realizado com a tarefa de movimentar um pêndulo em cada mão. Foi verificado que as pessoas com preferência manual direita ou esquerda quando direcionam a atenção à mão preferida aumentam o efeito da preferência manual e este aumento se torna maior em frequências mais altas.

Quando o executante pode escolher qual mão dirigir sua atenção então a mão preferida parece “atrair” a atenção para si durante as ações bimanuais, (PETERS, 1994). Ainda, o nível de complexidade da tarefa pode influenciar neste resultado, pois, conforme Peters (1994), em uma tarefa simples como a coordenação 1:1, a assimetria não interfere no desempenho desde que não haja instruções quanto ao foco atencional.

Esta discussão sobre qual mão deve receber a atenção na execução de tarefa bimanual ocorre devido à assimetria funcional que o organismo geralmente desenvolve pelas suas experiências vividas. O cérebro humano possui dois hemisférios, ligado ao tórax há dois braços e em suas extremidades duas mãos semelhantes (MACHADO, 1993). Contudo, a maioria das pessoas prefere utilizar uma das mãos para realizar as tarefas do dia-a-dia como, por exemplo, escrever com a mão direita e carregar um livro com a esquerda, definindo a preferência manual para as diversas tarefas de manipulação de objetos ou de uso de força. Com o tempo, esta utilização predominante de uma das mãos pode diferenciar o nível de desempenho entre elas em tarefas que exigem acerto de alvo ou sincronização temporal com um som externo, resultando em assimetria funcional sendo uma das mãos mais eficiente para a execução de uma determinada tarefa.

Acreditamos que seria de maior interesse para a área do comportamento motor o estudo das relações temporais simples e complexas entre as mãos com deslocamentos espaciais similares. A preferência manual, enquanto característica dos participantes, a ação de uma das mãos na execução de tarefa bimanual e o direcionamento da atenção a uma ou para a outra mão são

ainda aspectos do comportamento motor que devem ser investigados. Se por um lado o número de estudos sobre coordenação bimanual é bem elevado, por outro, várias são as questões que ainda temos. Seleccionamos para o presente estudo as seguintes questões: Para qual mão direccionar o foco visual para obter o melhor desempenho na coordenação bimanual? O nível de complexidade da tarefa interfere no desempenho de tarefa que envolve coordenação bimanual?

3 OBJETIVO

O objetivo geral deste estudo foi verificar a influência da atenção dirigida a uma das mãos na execução da tarefa bimanual de diferentes níveis de complexidade, em função da preferência manual.

Em específico, verificar o impacto da atenção dirigida a uma das mãos, em função da preferência manual, nas dimensões espacial e temporal da tarefa bimanual de tamborilar com: a) diferenciação na dimensão temporal e igualdade na dimensão espacial; b) diferentes relações integrais, e; c) uma relação não-integral.

4 HIPÓTESES

Foram testadas as seguintes hipóteses:

(H1) independentemente da preferência manual, os desempenhos espacial e temporal seriam melhores nas condições simples de tarefa bimanual comparados com os desempenhos na condição complexa de tarefa bimanual;

(H2) independentemente da preferência manual, da mão e do nível de complexidade da tarefa, o direcionamento da atenção não interferiria na magnitude de erro temporal na execução de tarefa bimanual;

(H3) para os participantes canhotos, independentemente do nível de complexidade da tarefa e do direcionamento da atenção, não haveria diferença no desempenho espacial entre as mãos;

(H4) para os participantes destros, independentemente do nível de complexidade da tarefa e do direcionamento da atenção, haveria menor magnitude de erro espacial para a mão preferida (direita) em relação à mão não-preferida (esquerda);

(H5) independentemente da preferência manual e do nível de complexidade da tarefa, o direcionamento da atenção à mão preferida levaria a

aumento na magnitude de erro espacial no desempenho da mão não-preferida, em relação à execução da tarefa com o direcionamento da atenção livre;

(H6) para os participantes destros, a atenção dirigida à mão não-preferida (esquerda) provocaria diminuição da magnitude de erro espacial nesta mão, e aumento da magnitude de erro espacial na mão preferida (direita), em relação à execução da tarefa com o direcionamento da atenção livre e;

(H7) para os participantes canhotos, a atenção dirigida à mão não-preferida (direita) provocaria menor magnitude de erro espacial nesta mão, sem alteração na magnitude de erro da outra mão (esquerda), em relação à execução da tarefa com o direcionamento da atenção livre.

5 MÉTODO

5.1 PARTICIPANTES

Participaram deste estudo 21 universitários, voluntários, saudáveis, sendo dez com preferência manual esquerda (cinco homens e cinco mulheres) e onze com preferência manual direita (oito homens e três mulheres). Os dados de um participante com preferência manual direita e os dados de dois com preferência manual esquerda foram excluídos da análise estatística devido à falta de “legibilidade” na captura do sinal tornando inviável a análise dos mesmos. Assim, para fins de testagem das hipóteses, os grupos foram compostos por dez pessoas com preferência manual direita, com idade entre 19 e 25 anos, e oito pessoas com preferência manual esquerda, com idade entre 17 e 28 anos (Tabela 1, ANEXO).

O Quociente de Lateralidade manual foi obtido através da aplicação do inventário de Edinburgh (OLDFIELD, 1971). Além disso, foram critérios para participação no estudo acuidades visual e auditiva normais ou corrigidas para a normalidade.

Todos os participantes receberam inicialmente informação sobre os objetivos e os procedimentos que seriam utilizados no estudo, para posterior assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido referente à participação no estudo (ver ANEXO). Os procedimentos relativos à participação no estudo seguiram as normas e instruções do Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Biociências da UNESP de Rio Claro.

5.2 MATERIAIS

Tablete (mesa digitalizadora) de dupla entrada com duas ponteiros independentes (construída no Centro de Pesquisa Renato Archer – CenPRA – em Campinas/SP); microcomputador; metrônomo digital sonoro; cadeira com braços para descanso; *software* para captura e registro dos dados *on line*. A mesa digitalizadora e o *software* são materiais que já foram utilizados em uma série de experimentos e foram eficazes na captura e registro de dados da performance de tarefas bimanuais inclusive a de toques repetitivos de ida-e-volta (PELLEGRINI, MAMMANA, HIRAGA, ANDRADE, ALLEONI, CALVO & MARCELINO, 2005).

5.3 PROCEDIMENTOS

Os dados foram coletados individualmente, em duas sessões, em uma sala especialmente preparada para o estudo e cada participante permaneceu sentado diante de uma mesa em frente ao tablete, durante toda a sessão, que durava aproximadamente 50 minutos. A tarefa consistia em tocar com a ponta das duas lapiseiras em alvos pré-estabelecidos colocados abaixo da tela

transparente do tablete. Os toques foram executados no tablete após deslocamentos espaciais de um a outro alvo com mudança de direção (seqüenciais) em intervalos temporais de diferentes magnitudes de acordo com o número de alvos de cada mão na condição experimental. Cada tentativa consistia numa seqüência de toques no intervalo de 20 segundos.

Os alvos tinham dois centímetros de lado e estavam distantes dois centímetros um do outro. Enquanto que o tamanho do alvo foi sempre o mesmo em todas as condições experimentais, o número de alvos variou de um a três conforme a condição experimental (1:1, 2:1, 3:1 e 3:2). O Índice de Dificuldade para cada toque ($ID = \log_2 (2 \times A)/L$, onde ID = Índice de Dificuldade; A = amplitude de deslocamento (4 cm), e; L = Largura do alvo (2cm)) foi 2 bits/s de informação transmitida (FITTS, 1954).

Os deslocamentos das mãos entre os alvos foram em direções opostas, portanto com ativação de músculos homólogos dos membros superiores. A tentativa iniciava nos alvos mais distantes em relação à linha mediana do corpo no plano horizontal, sendo que o primeiro toque da mão preferida e o primeiro da mão não-preferida eram simultâneos, definindo o início do ciclo. Um ciclo corresponde ao intervalo de tempo durante o qual se completa uma seqüência recorrente de eventos e nas tarefas deste estudo o ciclo se completava quando as duas mãos tocavam simultaneamente nos alvos, independente da posição espacial.

A condição 1:1 foi realizada com um alvo a ser tocado pela mão preferida e um alvo a ser tocado pela mão não-preferida em cada ciclo. Portanto existiam dois alvos de cada lado, sendo o Índice de Dificuldade desta

ms consistia de três deslocamentos em seqüência de quatro centímetros cada em 300 ms com a mão preferida e um deslocamento de quatro centímetros em 900 ms com a mão não-preferida.

A condição 3:2 foi realizada com três alvos a serem tocados pela mão preferida e dois alvos a serem tocados pela mão não-preferida em cada ciclo. Portanto, existiam quatro alvos no lado da mão preferida e três alvos no lado da mão não-preferida, sendo o Índice de Dificuldade para a mão preferida igual a 3,5 e para a mão não-preferida igual a 3. Nesta condição, um ciclo consistia de três deslocamentos em seqüência de quatro centímetros cada em 600 ms com a mão preferida e dois deslocamentos em seqüência de quatro centímetros cada em 900 ms com a mão não-preferida (período de 1.800 ms). As condições 2:1, 3:1 e 3:2 estão representadas na Figura 2 com a quantidade de alvos de cada condição, considerando ainda, as possibilidades de preferência manual direita ou esquerda.

O som do metrônomo era emitido nos primeiros cinco segundos de cada tentativa e omitido nos 15 segundos seguintes, de modo que cada uma das tentativas tinha a duração de 20 segundos. Este procedimento foi realizado a fim de garantir que o participante captasse o ritmo para execução da tarefa e o mantivesse ao longo da tentativa.

O executante realizou cinco tentativas em cada uma das condições de coordenação bimanual (1:1, 2:1, 3:1 e 3:2). Um sinal de alerta era emitido pelo computador no intervalo entre zero e três segundos antes do sinal que indicava o início da tentativa. Um intervalo de 10 segundos entre as tentativas e de 45 segundos entre as condições era dado para fins de descanso do participante.

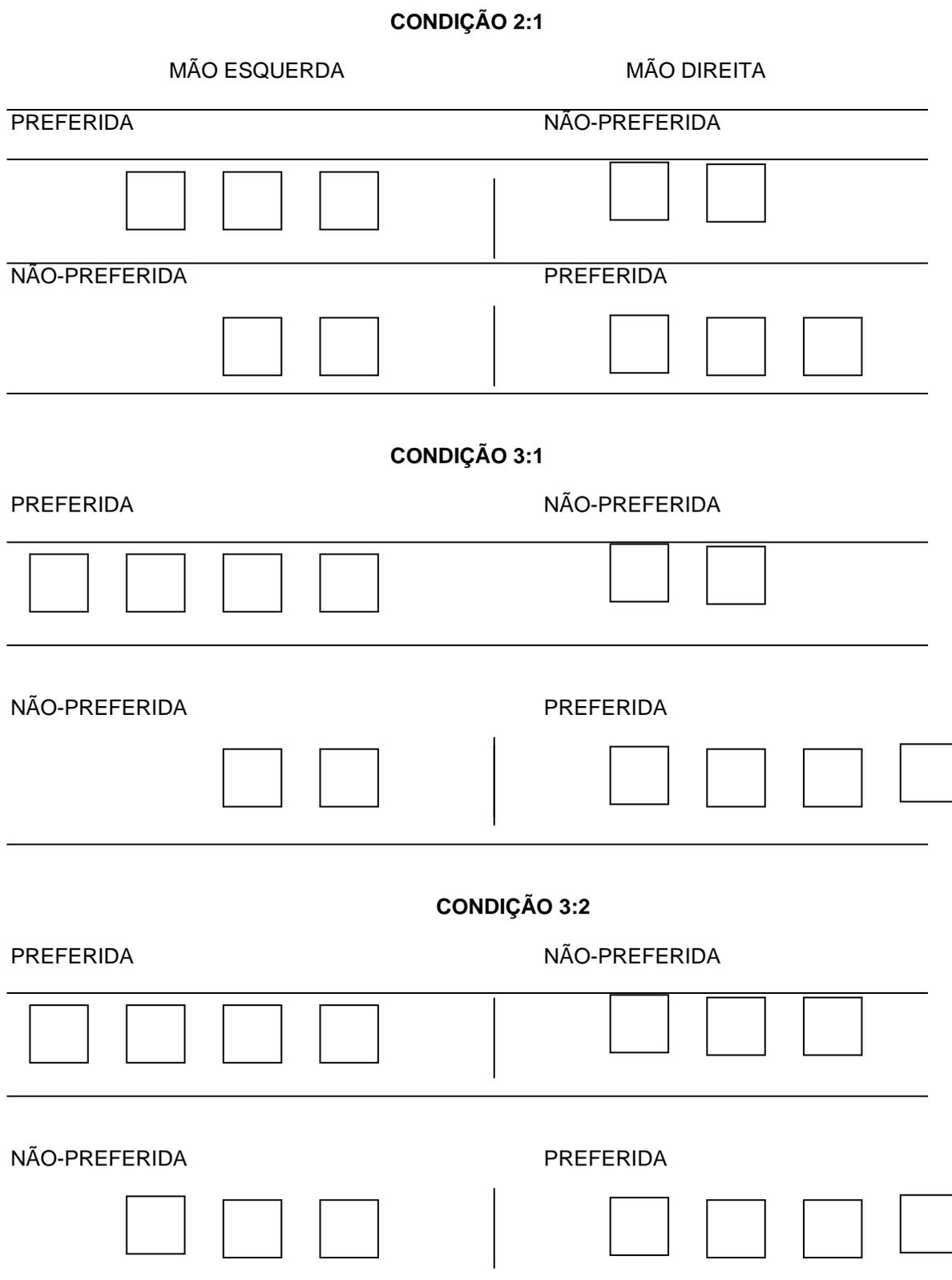


Figura 2. Representação esquemática da disposição dos alvos nas condições 2:1, 3:1 e 3:2 em função da preferência manual.

O estudo foi realizado em duas sessões para evitar a fadiga por parte dos participantes. Na primeira sessão, a Condição 1:1 foi realizada em três intervalos temporais (300, 600 e 900 ms), em ordem contrabalançada entre os participantes. Após a Condição 1:1 ter sido feita nos três intervalos temporais, foram, então, feitas as condições 2:1, 3:1 e 3:2, também em ordem contrabalançada entre os participantes. Em todas as condições da primeira sessão, os participantes foram orientados a escolher livremente o foco atencional.

Na segunda sessão foram realizadas as tentativas nas condições 1:1, 2:1, 3:1 e 3:2 com o direcionamento do foco atencional visual à mão preferida e à mão não-preferida em ordem contrabalançada entre os participantes de cada grupo. Cada participante fez 40 tentativas, sendo 20 delas com o foco atencional à mão preferida e 20 com o foco atencional à mão não-preferida. Destas 20 tentativas, foram realizadas cinco em cada condição (1:1, 2:1, 3:1 e 3:2) em ordem contrabalançada entre os participantes de cada grupo. O foco visual foi monitorado pelo experimentador, através de uma câmera de vídeo que transmitia a imagem dos olhos em tempo real permitindo identificar a direção do olhar durante a execução da tarefa.

5.4 TRATAMENTO DOS DADOS

Os dados foram armazenados no computador em formato “.txt”. Para cada uma das mãos e em cada condição foram calculadas a média do erro temporal e a média do erro espacial de cada tentativa. O erro temporal (erro variável da dimensão temporal) de cada mão em cada toque foi calculado com

base na diferença absoluta entre os valores do intervalo temporal esperado e o intervalo temporal obtido e, em seguida, foi calculada a média destes valores com a unidade em milissegundos (ms).

Para o erro espacial (erro variável da dimensão espacial), primeiro foi calculado o ponto médio dos toques nas coordenadas “X” e “Y” de cada toque em cada alvo e, em seguida, foi calculada a diferença absoluta entre os valores do ponto médio e do ponto tocado no tablete, ainda de cada coordenada e em cada alvo. Posteriormente, com a projeção dos toques nas coordenadas foram formados triângulos retângulos e pela equação do cálculo da hipotenusa no triângulo retângulo, através do Teorema de Pitágoras (Equação 1), foi calculada a magnitude do erro espacial de cada toque no tablete. E, por fim, foi calculada a média do erro espacial de cada mão em cada tentativa, sendo a unidade de medida o *pixel* que corresponde a 0,35 mm.

Equação 1: $H = \sqrt{(x^2)+(y^2)}$; sendo H o valor do erro espacial de cada toque; x e y os valores das diferenças absolutas entre os valores do ponto médio e os valores das coordenadas “X” e “Y”, respectivamente, do ponto de toque no tablete.

5.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foram realizadas 12 Análises de Variância (ANOVAs), sendo seis para a variável dependente erro temporal (ms) e outras seis para a variável dependente erro espacial (*pixels*). Para detectar as diferenças nos fatores principais e nas interações significativas, foram feitos testes a posteriori do tipo

HSD de Tukey para n não-iguais. O nível de significância estabelecido foi $p < 0,05$.

Uma ANOVA para cada variável dependente (erros temporal e espacial) foi feita para analisar os dados da condição 1:1, com os fatores preferência manual (2 - direita e esquerda), mão (2 - preferida e não-preferida) e intervalo temporal (3 - 300, 600 e 900 ms).

Quatro ANOVAs para cada variável dependente (erros temporal e espacial) foram feitas para analisar os dados das mãos preferida e não-preferida, com os fatores principais preferência manual (2 - direita e esquerda) e condição, com medidas repetidas neste último fator. Uma ANOVA com os dados da mão preferida comparou as condições 1:1, 2:1 e 3:1 e outra comparou as condições 1:1 e 3:2. Uma ANOVA com os dados da mão não-preferida comparou as condições 1:1, 3:1 e 3:2 e outra comparou as condições 1:1 e 2:1.

Uma ANOVA para cada variável dependente (erros temporal e espacial) foi feita com os fatores preferência manual (2 - direita e esquerda), mão de toque no tablete (2 - preferida e não-preferida), atenção (3 - direcionada à mão preferida, à mão não-preferida e livre) e condição (4 - 1:1, 2:1, 3:1 e 3:2) com medidas repetidas nos três últimos fatores. Nestas duas ANOVAs, na condição 1:1, foram utilizados apenas os dados de desempenho no intervalo temporal de 300 ms.

6 RESULTADOS

O objetivo deste estudo foi investigar o papel da atenção visual no desempenho espacial e temporal de tarefas de coordenação bimanual simples e complexas. A apresentação dos resultados tem como partida as características de preferência manual dos participantes deste estudo. Posteriormente, serão apresentados os resultados das análises estatísticas da condição 1:1 nos três diferentes intervalos temporais (300, 600 e 900 ms). Em seguida, serão apresentados os resultados das condições 1:1, 2:1, 3:1 e 3:2 relativos a cada uma das mãos. Finalmente, apresentaremos os resultados gerais do comportamento, considerando as três instruções de direcionamento da atenção visual e as quatro condições experimentais.

6.1 CARACTERÍSTICAS DOS PARTICIPANTES QUANTO À PREFERÊNCIA MANUAL

O Quociente de Lateralidade obtido através do Inventário de Edinburgh (OLDFIELD, 1971) dos participantes com preferência manual direita foi entre 0,80 e 1,00 na preferência do uso da mão direita e o dos participantes com

preferência manual esquerda foi entre 0,45 e 1,00 na preferência do uso da mão esquerda. Três participantes destros atingiram o quociente de 1,00 e apenas um participante canhoto atingiu tal quociente (ver Tabela 1, ANEXO). Este quociente de 1,00 representa consistência absoluta no uso da mão preferida. As atividades motoras: escrever e arremessar uma bola; foram os itens do Inventário que tiveram a mão preferida sendo identificada como tal para a execução destas tarefas por parte de todos os participantes.

6.2 DESEMPENHO ESPACIAL E TEMPORAL COM O DIRECIONAMENTO DA ATENÇÃO LIVRE

6.2.1 CONDIÇÃO 1:1 EM INTERVALOS TEMPORAIS DIFERENTES

A condição 1:1, em que as duas mãos executavam o tamborilar simultaneamente, foi realizada nos intervalos temporais de 300, 600 e 900 ms. Para análise dos dados foram realizadas duas ANOVAs com os fatores preferência manual (2) x mão (2) x intervalo temporal (3), com medidas repetidas nos últimos dois fatores, sendo uma ANOVA para a variável dependente erro espacial e outra para o erro temporal.

Os resultados da ANOVA, com os dados do erro espacial, indicaram interação significativa entre os fatores preferência manual e mão ($F_{1,16} = 9,71$; $p < 0,05$) (ver Tabela 2, ANEXO). Os resultados do *post hoc* teste indicaram que os participantes destros apresentaram menor erro espacial com a mão preferida (24 *pixels*) comparado ao valor do erro da mão não-preferida (31 *pixels*). De modo diferente, os participantes canhotos que apresentaram comportamento semelhante das duas mãos (23 e 25 *pixels* para as mãos

preferida e não-preferida, respectivamente), independente do intervalo temporal (ver Tabela 3, ANEXO).

Os resultados da ANOVA para o erro espacial indicaram diferenças significativas para o fator principal intervalo temporal ($F_{1,16} = 28,10$; $p < 0,05$) (ver Tabela 2, ANEXO). Da mesma forma, a ANOVA, com os dados do erro temporal, também indicou diferenças significativas para este mesmo fator principal ($F_{2,32} = 39,78$; $p < 0,05$) (ver Tabela 5, ANEXO). Assim, nesta condição 1:1, independentemente da preferência manual, houve uma inversão na precisão do desempenho dos participantes com relação ao intervalo temporal, como pode ser observado na Figura 3. O intervalo temporal de 300 ms foi o mais preciso temporalmente, porém o menos preciso espacialmente. Ainda, o desempenho no intervalo temporal de 900 ms foi o inverso (ver Tabelas 4 e 6, ANEXO).

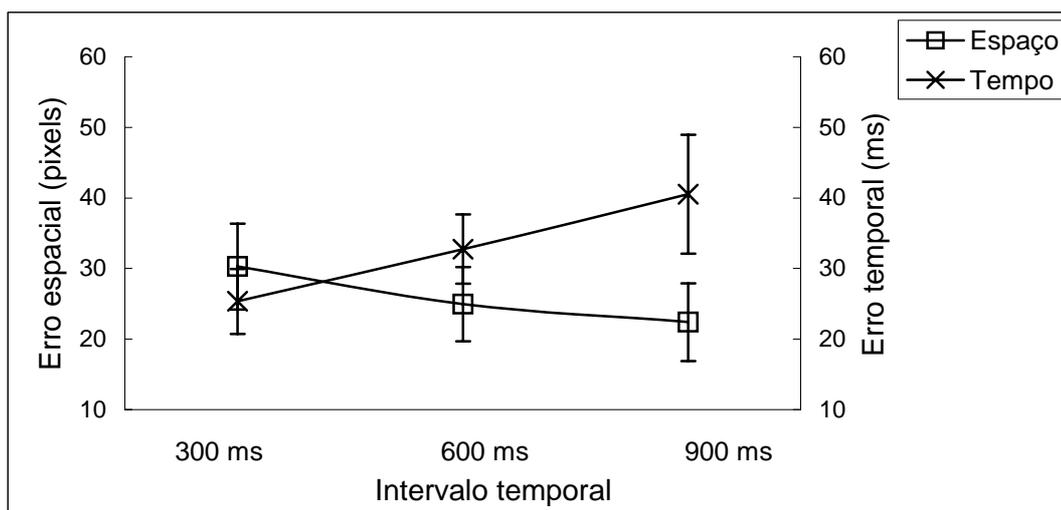


Figura 3. Média e desvio padrão do erro espacial (*pixels*) e do erro temporal (*ms*) na condição 1:1, nos intervalos temporais de 300, 600 e 900 ms, independentemente da preferência manual.

6.2.2 CONDIÇÕES COM UM MESMO INTERVALO TEMPORAL

As condições experimentais (1:1, 2:1, 3:1 e 3:2) apresentavam intervalos temporais e deslocamentos espaciais diferentes para as mãos preferida e não-preferida, com isso, os desempenhos da mão preferida e os desempenhos da mão não-preferida foram avaliados considerando as condições de mesmo intervalo temporal. Assim, quatro ANOVAs para cada variável dependente (erros temporal e espacial) foram feitas para analisar os dados das mãos preferida e não-preferida, com os fatores preferência manual (direita e esquerda) e condição, com medidas repetidas neste último fator.

Uma ANOVA com os dados da mão preferida teve as condições 1:1, 2:1 e 3:1 e outra teve as condições 1:1 e 3:2, sendo comparadas as condições com o mesmo intervalo temporal para esta mão, a saber 300 e 600 ms, respectivamente. Uma ANOVA com os dados da mão não-preferida teve as condições 1:1, 3:1 e 3:2 e outra teve as condições 1:1 e 2:1, sendo comparadas as condições com o mesmo intervalo temporal para esta mão, a saber 600 e 900 ms, respectivamente.

A ANOVA com os dados do erro espacial no intervalo temporal de 300 ms da mão preferida (condições 1:1, 2:1 e 3:1) revelou diferenças estatisticamente significantes ($F_{2,32} = 5,51$; $p < 0,05$) (ver Tabela 7, ANEXO), diferentemente da ANOVA com os dados do erro temporal que não revelou diferenças significativas (ver Tabela 8, ANEXO). Os resultados do *post hoc* teste indicaram diferenças significativas apenas entre as condições 1:1 (28 *pixels*) e 3:1 (32 *pixels*) (ver Tabela 9, ANEXO) (ver Figura 4).

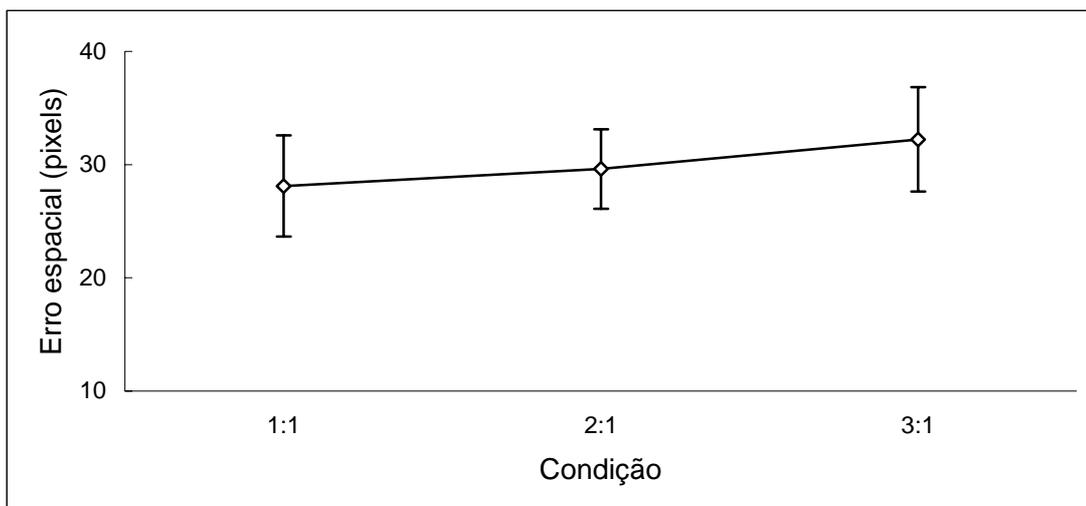


Figura 4. Média e desvio padrão do erro espacial (*pixels*) da mão preferida nas condições 1:1, 2:1 e 3:1, no intervalo temporal de 300 ms, independentemente da preferência manual.

A ANOVA com os dados do erro espacial no intervalo de 600 ms (condições 1:1 e 3:2) revelou diferenças estatisticamente significantes na interação entre os dois fatores preferência manual e condição ($F_{1,16} = 5,71$; $p < 0,05$) (ver Tabela 10, ANEXO) e os resultados do *post hoc* indicaram que esta diferença esteve apenas dentre os destros (erros espaciais de 22 e de 27 *pixels*, respectivamente) (ver Tabela 11, ANEXO) (ver Figura 5). ANOVA semelhante revelou não haver diferenças estatisticamente significantes com os dados do erro temporal ($p > 0,05$) (ver Tabela 12, ANEXO).

A análise dos dados da mão não-preferida de ambos os grupos no intervalo temporal de 600 ms (condições 1:1 e 2:1) não revelou diferença estatisticamente significativa para o erro temporal ($p > 0,05$) (ver Tabela 13, ANEXO). Análise estatística semelhante para o erro espacial, indicou interação significativa entre o fator preferência manual e condição de complexidade ($F_{1,16} = 6,98$; $p < 0,05$) (ver Tabela 14, ANEXO). Os resultados do Teste a posteriori

de Tukey indicaram que a diferença esteve entre as condições 1:1 e 2:1 em ambos os grupos de preferência manual (veja Figura 6), sendo que destros tiveram erro espacial de 30 *pixels* na condição 1:1 e 36 *pixels* na condição 2:1, já os canhotos tiveram erro de 25 e 39 *pixels* nas condições 1:1 e 2:1, respectivamente (ver Tabela 15, ANEXO).

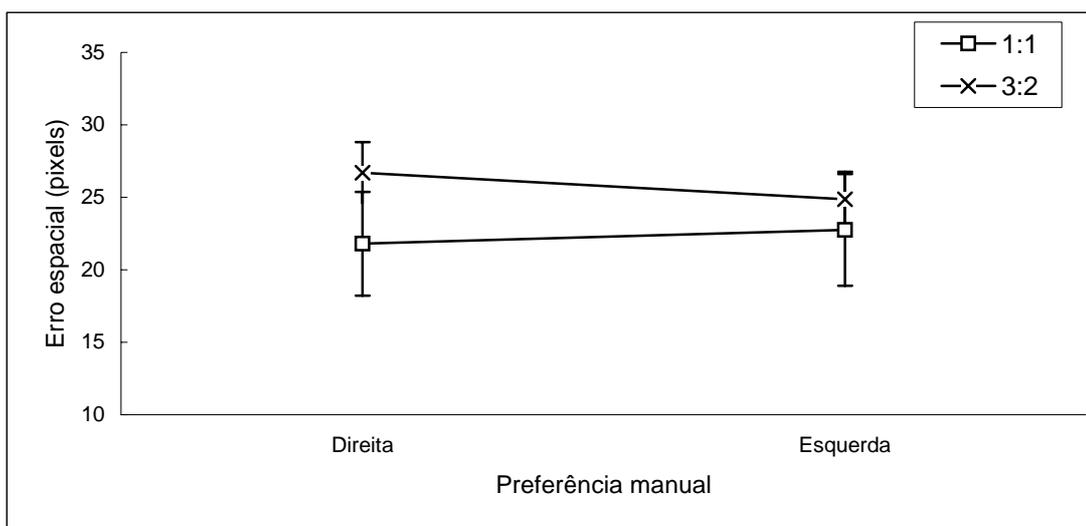


Figura 5. Média e desvio padrão do erro espacial (*pixels*) da mão preferida nas condições 1:1 e 3:2, no intervalo temporal de 600 ms.

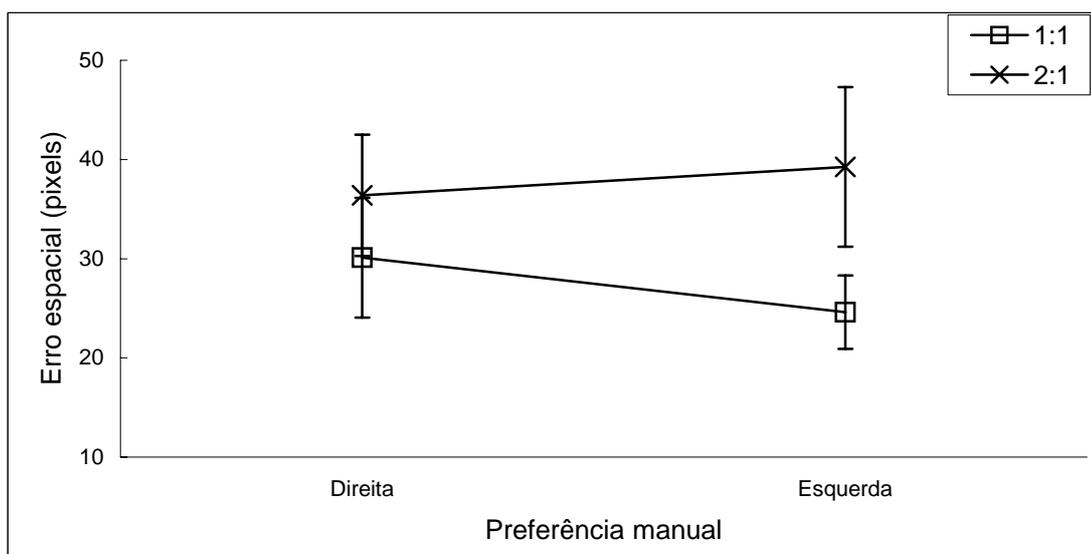


Figura 6. Média e desvio padrão do erro espacial (*pixels*) da mão não-preferida nas condições 1:1 e 2:1, no intervalo temporal de 600 ms.

A ANOVA com os dados do erro espacial no intervalo temporal de 900 ms (condições 1:1, 3:1 e 3:2), também indicou interação estatisticamente significativa entre o fator preferência e condição de complexidade ($F_{2,32} = 4,54$; $p < 0,05$) (ver Tabela 16, ANEXO). Os resultados do *post hoc* de Tukey mostrou que as diferenças de desempenho dentre os destros estiveram entre as condições 1:1 (erro de 27 *pixels*) e as condições 3:1 (39 *pixels*) e 3:2 (35 *pixels*) e as diferenças de desempenho dentre os canhotos estiveram entre as condições 1:1 (erro de 22 *pixels*) e 3:1 (39 *pixels*) e entre as condições 3:2 (24 *pixels*) e 3:1 (39 *pixels*), valores observados na Figura 7 (ver Tabela 17, ANEXO). ANOVA semelhante, com os dados do erro temporal, não apontou diferenças significativas ($p > 0,05$) (ver Tabela 18, ANEXO).

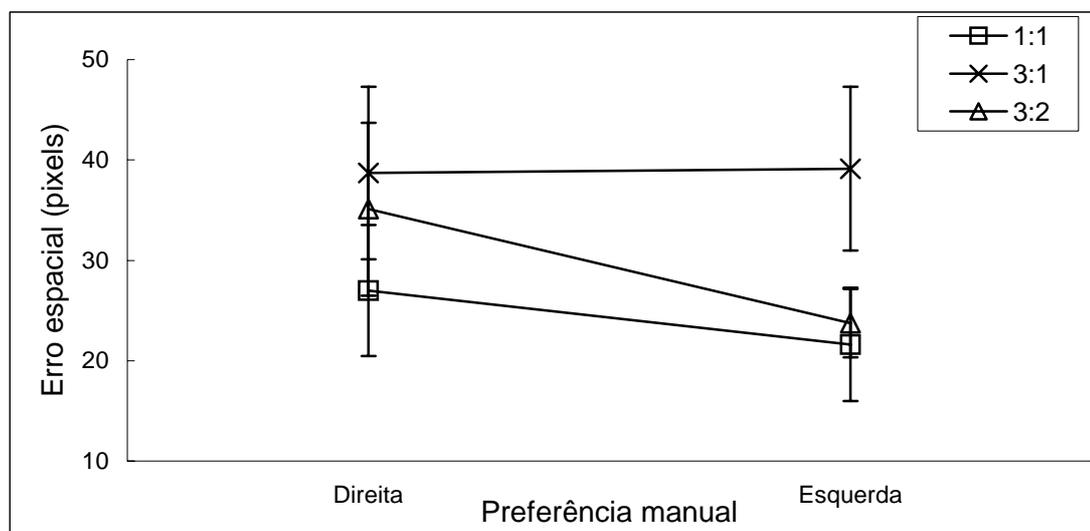


Figura 7. Média e desvio padrão do erro espacial (*pixels*) da mão não-preferida nas condições 1:1, 3:1 e 3:2, no intervalo temporal de 900 ms.

6.3 DESEMPENHO ESPACIAL E TEMPORAL COM A ATENÇÃO DIRIGIDA A UMA DAS MÃOS

O comportamento mais esperado seria um melhor desempenho dos participantes quando o foco atencional visual estivesse na mão preferida principalmente para o erro espacial. Ainda, esperava-se menor magnitude de erro da mão preferida comparado à mão não-preferida das pessoas com preferência manual esquerda em relação àquelas com preferência manual direita.

Os resultados da ANOVA para o erro temporal com os fatores preferência manual (2) x mão (2) x atenção (3) x condição (4) apontou diferenças significativas na interação entre os fatores preferência manual e mão ($F_{1,48} = 32,30$; $p < 0,05$) e na interação preferência manual, atenção e condição ($F_{6,48} = 2,24$; $p < 0,05$) (ver Tabela 19, ANEXO). Importante salientar que o fator principal atenção não apresentou diferença estatisticamente significativa ($F_{2,32} = 1,13$; $p > 0,05$) (ver Figura 8) assim como as interações com os fatores mão e condição ($F_{2,32} = 2,42$; $p > 0,05$, $F_{6,48} = 2,19$; $p > 0,05$ e $F_{6,48} = 1,33$; $p > 0,05$, respectivamente). Independentemente da condição, os resultados do *post hoc* teste apontaram diferenças de desempenho entre a mão preferida e a mão não-preferida. A mão preferida das pessoas com preferência manual direita teve em média menor valor de erro temporal, em relação à mão não-preferida (26 e 38 ms, respectivamente), enquanto que os dados dos participantes com preferência manual esquerda foram semelhantes para as duas mãos (sendo de 26 ms da mão preferida e 33 ms da mão não-preferida) (ver Tabela 20, ANEXO).

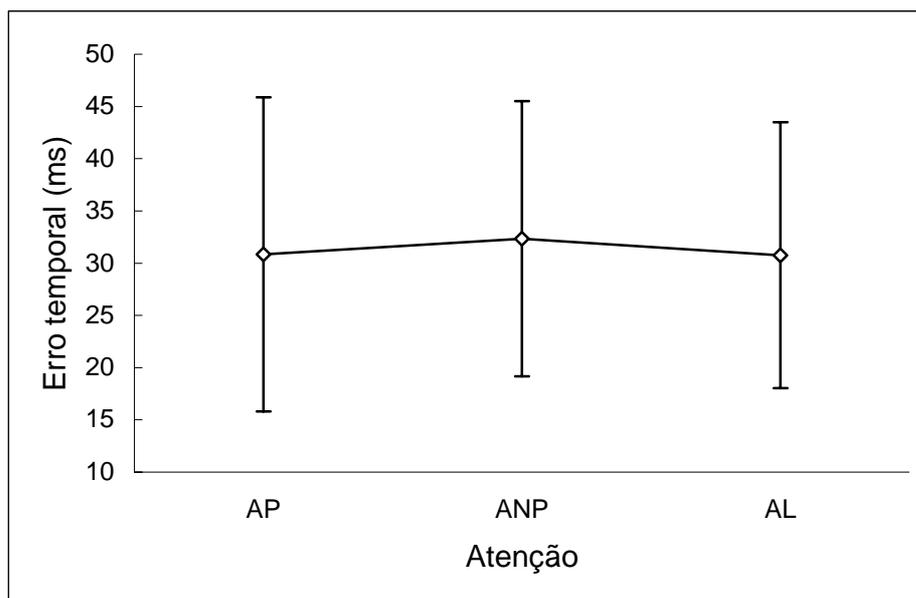


Figura 8. Média e desvio padrão do erro temporal (ms) nas três condições de atenção, independentemente da preferência manual, da mão e da condição.

Independentemente da preferência manual, o *post hoc* teste indicou que a mão preferida teve menor erro temporal comparando cada uma das condições simples (1:1, 2:1 e 3:1) com a condição complexa (3:2), contudo não houve diferença entre as condições simples. O desempenho da mão não-preferida apresentou aumento do erro com o aumento da complexidade, pois houve diferença escalonada do mais simples para o mais complexo (resultado que pode ser observado na Figura 9) (ver Tabela 21, ANEXO).

As diferenças significativas de erro temporal encontradas na interação preferência manual x atenção x condição foram em relação ao comportamento dos participantes com preferência manual direita. Nos três direcionamentos de atenção (à mão preferida, à mão não-preferida e livre) houve diferença significativa entre a condição mais simples (1:1) e a condição complexa (3:2) ($F_{6,96} = 2,23$; $p < 0,05$) (ver Tabela 22, ANEXO).

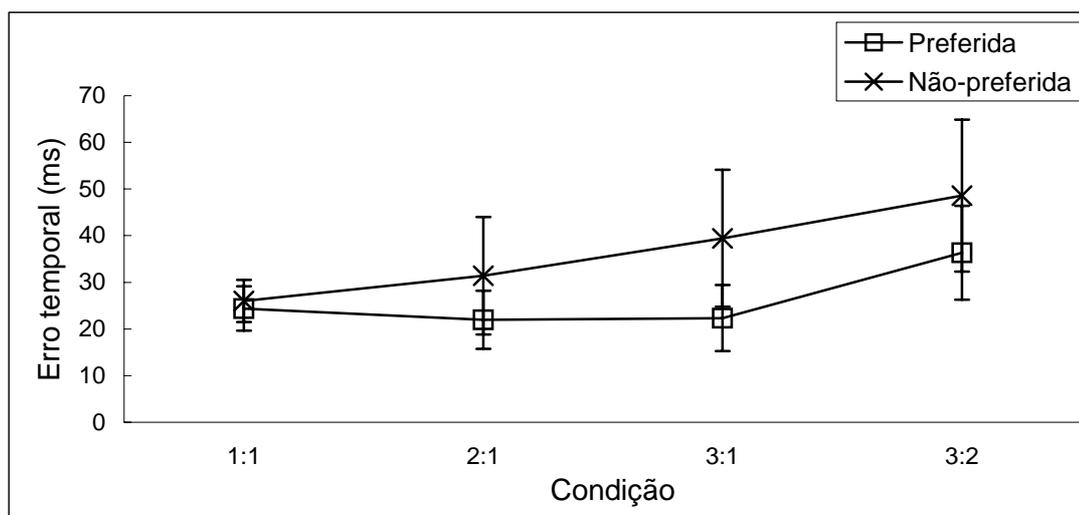


Figura 9. Média e desvio padrão do erro temporal (ms) de cada uma das mãos em cada uma das quatro condições.

Os resultados da ANOVA não apontaram diferenças significativas entre os fatores preferência manual e atenção ($F_{6,96} = 0,04$; $p > 0,05$) (ver Tabela 19, ANEXO), assim como entre os fatores mão e atenção ($F_{2,32} = 2,41$; $p > 0,05$) (ver Tabela 19, ANEXO), isto é, na coordenação bimanual o desempenho temporal independe da preferência manual e do direcionamento da atenção.

Os resultados da ANOVA para o erro espacial com os fatores preferência manual (2) x mão (2) x atenção (3) x condição, apontaram diferenças estatisticamente significantes principalmente na interação dos fatores preferência manual, mão, atenção e condição ($F_{6,96} = 4,456$; $p < 0,05$). Interessante salientar que, dentre os quatro fatores principais, o único fator que não alcançou diferença estatisticamente significativa foi o fator preferência manual ($F_{1,16} = 0,564$; $p > 0,05$) (ver Tabela 23, ANEXO).

A análise de Tukey indicou que, independentemente da preferência manual e da condição, os participantes apresentaram menor magnitude de erro espacial nos toques da mão preferida quando o foco atencional visual esteve à

mão preferida e livre em relação à mão não-preferida, em todas as condições (ver Figura 10). Quanto ao desempenho da mão não-preferida, este comportamento também foi observado, isto é, quando o foco atencional visual esteve na mão não-preferida e livre o comportamento foi mais preciso desta mão, a não-preferida, em relação à preferida (ver Tabela 24, ANEXO).

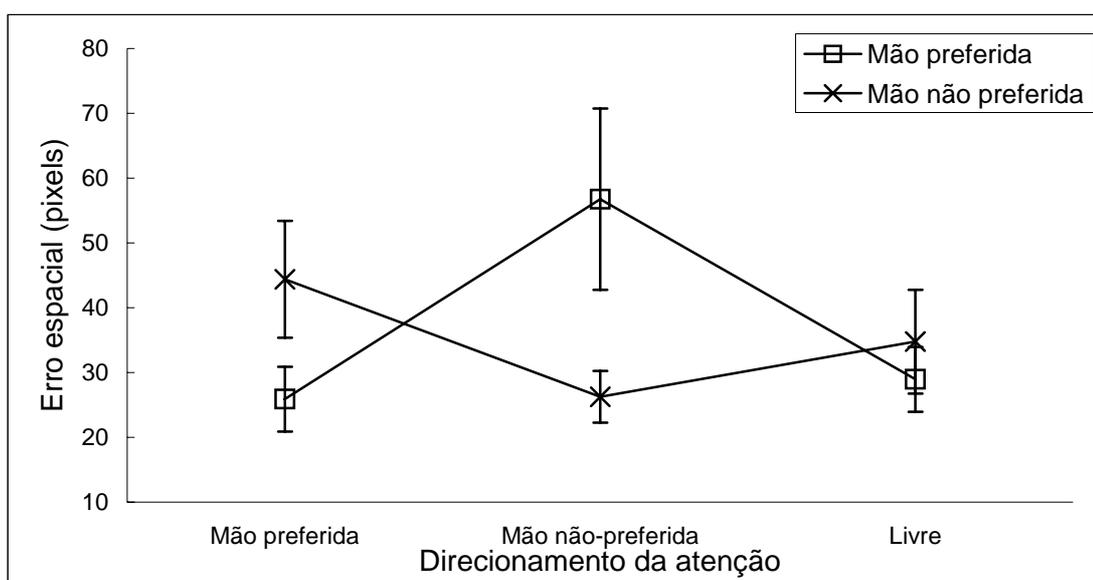


Figura 10. Média e desvio padrão do erro espacial (*pixels*) de cada uma das mãos em função do foco atencional.

7 DISCUSSÃO

O corpo de conhecimento sobre a coordenação bimanual deve incluir diferentes aspectos do comportamento motor, como a preferência manual do sujeito, a atenção seletiva e dividida, a captura de informação disponível no ambiente, o papel do *feedback* e do *feedforward* no controle motor, entre outros, que auxiliem o executante no alcance de uma meta motora e na manutenção de um bom nível de desempenho na execução de uma tarefa motora. Neste estudo, a coordenação bimanual foi estudada levando em consideração a preferência manual, o direcionamento do foco visual a uma das mãos e as características espaciais e temporais da tarefa.

De modo geral, a preferência manual é identificada pelo uso da mão para escrever. Para fins de obtenção de conhecimento sobre os mecanismos subjacentes ao controle das mãos na execução de tarefas bimanuais se torna necessário ampliar o leque de atividades para verificação da preferência manual do ser humano. O Inventário de Edinburgh (OLDFIELD, 1971) tem se mostrado o instrumento de avaliação da preferência manual mais adequado para este tipo de estudo por oferecer um Quociente de Lateralidade que reflete

o grau de preferência no uso de uma mão sobre a outra. Encontrar indivíduos com quociente elevado de preferência manual esquerda parece ser bem difícil o que tem sido explicado pelo grande número de ferramentas e situações em que a mão direita é utilizada levando aqueles com preferência manual esquerda a utilizar a mão direita com muito mais frequência do que o inverso (destros utilizando a mão esquerda). O Quociente de Lateralidade apresentado pelos participantes deste estudo confirmaram esta diferença entre as mãos em função da preferência manual. De modo geral, o Quociente de Lateralidade atingido pelos canhotos variou de 0,45 a 1,00, tendo apenas um participante alcançado 1,00. Entre os destros, o quociente variou de 0,80 a 1,00, com 3 participantes atingindo este índice máximo. Esta diferença quanto aos resultados do Quociente de Lateralidade já era esperada, se considerarmos a diferença no uso das mãos por pessoas destros e canhotos, ou seja, a assimetria funcional.

É importante ressaltar não haver na literatura um quociente mínimo (ponto crítico) para a identificação do indivíduo como de preferência manual esquerda ou direita, sendo que a maioria dos estudos considera aceitável quociente acima de 0,90 para os destros, exceção pode ser encontrada no estudo de Tracy e colaboradores (2001) com participantes com quociente abaixo de 0,90. No presente estudo, a análise das respostas aos vários itens do Inventário de Edinburg indicou que todos os participantes escreviam e arremessavam uma bola com a mão considerada preferida (tarefas utilizadas por TREFFNER & TURVEY, 1995; ROSA NETO, 2002, para identificação da preferência manual).

7.1 ATENÇÃO LIVRE

A complexidade de uma tarefa é identificada pelas características estruturais nas dimensões espacial e temporal, sendo o desempenho dos executantes geralmente pior nas tarefas ou condições complexas (DEUTSCH, 1983). Tendo como referência a relação temporal dos movimentos das duas mãos e considerando como simples as relações integrais (1:1, 2:1, 3:1) e complexas as relações não-integrais da condição 3:2 (HANDEL & OSHINSKY, 1981), os resultados do presente estudo não confirmaram a Hipótese de melhor desempenho espacial e temporal nas condições simples em relação à condição complexa. De fato, o desempenho na dimensão temporal da tarefa na condição 3:2 foi pior do que nas condições simples, no entanto, a condição simples 3:1 apresentou maior quantidade de erro espacial do que a condição complexa (3:2). As condições 1:1, 2:1, consideradas como simples, foram desempenhadas com menor magnitude de erro espacial e temporal pelos participantes, resultado semelhante ao de Deutsch (1983) quanto ao erro temporal.

É importante destacar, contudo, que o nível de complexidade de uma tarefa não significa nível de dificuldade do executante para tal tarefa e que, ainda, nível de dificuldade não significa nível de desempenho. Portanto, identificar uma tarefa como complexa não significa necessariamente que ela seja mais difícil em relação à tarefa simples ou ainda que o desempenho seja inferior. O desempenho depende de outros fatores além do nível de complexidade, tais como, a quantidade de experiência do executante, as restrições do executante ou as restrições do ambiente (NEWELL, 1986). Talvez

seja por isso, que a condição 3:1 tenha sido desempenhada com maior magnitude de erro espacial em relação à 3:2. Considerando que a condição 3:1 é simples ($3/1 = \text{integral}$) e a condição 3:2 é complexa ($3/2 = \text{não-integral}$), esperava-se um resultado oposto. Entretanto, a condição 3:2 foi realizada com intervalo temporal entre os toques da mão preferida mais longo e, nesta condição, as mãos mantêm maior quantidade de relações do que na condição 3:1 o que pode ter gerado um melhor resultado na condição 3:2 em comparação com o da 3:1. Analisando a Figura 3, podemos observar que o intervalo temporal entre os toques de uma e outra mão pode interferir tanto no desempenho espacial como no desempenho temporal na coordenação bimanual com objetivos espaciais e temporais a serem cumpridos ao mesmo tempo.

Um comportamento esperado para o desempenho das mãos preferida e não-preferida seria o desempenho semelhante quanto ao erro temporal dos toques dos participantes com preferência manual direita e esquerda nas tentativas em que o direcionamento da atenção deveria estar dirigido a uma das mãos (H2). Esta hipótese, levantada por Zelaznik, Spencer e Ivry (2002) e Hatore (2005), foi confirmada, pois não foram encontradas diferenças de desempenho temporal em função do direcionamento da atenção, isto é, o foco atencional não influencia a estrutura temporal de uma tarefa. Apesar de a ANOVA ter apontado interação significativa entre os fatores preferência manual, atenção e condição, as análises a posteriori não indicaram diferenças significativas quanto ao fator atenção. Além disso, não houve diferença quanto ao fator principal nem nas interações deste fator com os outros do estudo. O

intervalo temporal de cada movimento para compor a ação independe da atenção visual estar dirigida à mão direita ou esquerda, mas deve sim estar dirigida à tarefa como um todo para uma execução precisa.

No presente estudo, a condição 1:1 foi realizada em três intervalos temporais, sendo esta condição considerada de base para comparação com as outras condições (2:1, 3:1 e 3:2). Os participantes com preferência manual esquerda não apresentaram diferença de erro espacial entre as mãos confirmando os dados apresentados por Hoffmann, Chang e Yim (1997), em uma tarefa unimanual de deslocamento do periférico computacional “mouse”. Tal resultado nos leva a confirmar assim a Hipótese 3 de que os participantes canhotos, independentemente do nível de complexidade da tarefa e do direcionamento da atenção, apresentariam igual desempenho espacial das mãos.

Por outro lado, os participantes destros tiveram menor magnitude de erro espacial e temporal da mão preferida (direita) comparado à magnitude de erro da mão não-preferida (esquerda). Tal resultado confirma a Hipótese 4 de que para os destros, independentemente do nível de complexidade da tarefa e do direcionamento da atenção, haveria menor magnitude de erro espacial para a mão preferida (direita) em relação à mão não-preferida (esquerda). Este resultado era esperado com base nos resultados dos trabalhos de coordenação manual de Summers, Ford e Todd (1993) e Hoffmann, Chang e Yim (1997). Diante destes resultados acreditamos que o Quociente de Lateralidade tenha separado corretamente os indivíduos destros dos canhotos, pois o comportamento observado foi o esperado.

7.2 ATENÇÃO À MÃO PREFERIDA

O direcionamento da atenção tem se mostrado um fator muito importante tanto na aprendizagem como no controle motor. De modo geral, na execução de uma tarefa de coordenação bimanual o executante monitora visualmente sua mão preferida. No presente estudo, os participantes executaram uma série de tentativas nas condições mais simples (1:1, 2:1, 3:1 e 3:2) tendo liberdade de escolher o direcionamento de sua atenção, se para a sua mão preferida ou a não-preferida. Nestas condições, de modo geral, os participantes focalizaram a atenção à mão preferida confirmando o que já havia sido observado nos estudos de Peters (1994), Swinnen, Jardim e Meulenbroek (1996), e Treffner e Turvey (1995).

O desempenho da mão preferida, nas tentativas de direcionamento da atenção visual a esta mão, foi bem melhor do que o da mão não-preferida, pois recebia retro-alimentação de sua ação durante os movimentos. A Hipótese 5 afirmava que a atenção à mão preferida poderia influenciar negativamente no desempenho espacial da mão não-preferida, independentemente da preferência manual. Esta Hipótese foi confirmada e está em acordo com os trabalhos de Treffner e Turvey (1995), Riley e colaboradores (1997) e Khan e colaboradores (2003), com maior distanciamento de desempenho entre as mãos preferida e não-preferida, tanto para os destros, quanto aos canhotos.

Naturalmente, a mão preferida iria desempenhar melhor a tarefa de coordenação bimanual, pelo fato de ela ter desenvolvido habilidades de toques em acertos de alvos durante toda a história de vida do sujeito. O fato de a

atenção estar direcionada à mão preferida pode inviabilizar a chegada de informação para o córtex motor sobre a mão não-preferida, não permitindo algum tipo de correção do movimento desta mão, caso ele esteja errado para o acerto ao alvo. Ao longo das tentativas sem monitoramento do movimento sendo executado que possibilite correção de erro a tendência é que o erro aumente de magnitude.

7.3 ATENÇÃO À MÃO NÃO-PREFERIDA

De acordo com a Hipótese 6, para os participantes destros, a atenção dirigida à mão não-preferida (esquerda) provocaria diminuição da magnitude de erro espacial nesta mão e aumento da magnitude de erro espacial na mão preferida (direita). E de acordo com a Hipótese 7, para os participantes canhotos, a atenção dirigida à mão não-preferida (direita) provocaria menor magnitude de erro espacial nesta mão, sem alteração na magnitude de erro da outra mão (esquerda). De acordo com as hipóteses levantadas, haveria uma equivalência no desempenho das mãos para os destros e um maior distanciamento para os canhotos.

A Hipótese 6 foi confirmada, entretanto a Hipótese 7 não foi confirmada, pois a variável espacial teve uma melhora significativa a ponto do desempenho da mão não-preferida ter sido melhor do que o desempenho da mão preferida para ambos os grupos. Este resultado diferencia-se de resultados de outros estudos como o de Amazeen e colaboradores (1997) e Khan e colaboradores (2003) em estudos de tarefas bimanuais com acompanhamento de um ritmo externo com análise da variabilidade da fase

relativa e do erro constante, respectivamente, ou o de Pellegrini e colaboradores (2004), em estudo da coordenação bimanual de crianças para atingir a maior velocidade possível no toque repetitivo de ida-e-volta com análise da fase relativa. Contudo, destaca-se que neste estudo as medidas utilizadas para avaliar o desempenho dos participantes (erro temporal e erro espacial) foram diferentes daquelas utilizadas nos estudos anteriormente citados.

Os resultados deste estudo evidenciaram que o direcionamento atencional visual pode influenciar no comportamento do executante da tarefa, sendo, portanto, a informação visual relevante para a tarefa de coordenação bimanual com objetivos espaciais e temporais conjuntos, assim como, as diversas tarefas do cotidiano. A atenção sendo direcionada à mão não-preferida pôde levar a um distanciamento no desempenho das mãos dos participantes, o mesmo ocorrendo com a atenção dirigida ao outro membro. Da mesma maneira como na condição em que a atenção esteve dirigida à mão preferida, a falta de informação visual à mão que não recebeu foco atencional levou a uma piora no desempenho, e em contra-partida o foco visual permitiu a chegada de informação para a correção do movimento da mão monitorada visualmente.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A coordenação bimanual é manifesta pelo ser humano em diversas ações motoras do cotidiano, como por exemplo, ao varrer o quintal, ao lavar a louça ou ao nadar. Normalmente, as pessoas executam seus movimentos sem muita dificuldade, sem precisar se preocupar com o direcionamento do foco atencional, seja ele o visual, o auditivo ou o proprioceptivo. As ações do dia-a-dia já foram tantas vezes executadas que não requerem tanta atenção, podendo ser executadas em conjunto com outra tarefa. Contudo, a fixação da atenção a uma das mãos pode provocar uma queda no nível de desempenho do executante, especialmente se este executante tiver pouca experiência com a tarefa em si.

Pianistas podem tocar nas teclas do piano intercalando os cinco dedos das duas mãos, os pedais com os dois pés e ainda manter o olhar na partitura ou em sua mão não-preferida. Nesta situação, as mãos estão espacial e temporalmente separadas, porém, mesmo assim o desempenho se mantém durante a execução harmônica da tarefa. Pessoas sem muita prática, entretanto, não conseguiriam manter o desempenho ao modificar o

direcionamento do olhar e para estas pessoas o ideal seria direcionar a atenção à mão preferida, para proporcionar melhor desempenho na tarefa e sucesso em sua execução. Com isso o êxito poderia ser um incentivo ao executante contribuindo para sua continuidade no processo ensino-aprendizagem em que ele se encontra. E a atenção poderia ser redirecionada à mão não-preferida nas tentativas subseqüentes na aprendizagem das ações motoras, identificando o executante em um nível mais habilidoso.

O toque no piano é um dos exemplos de tarefa bimanual que o ser humano pode realizar em seu dia-a-dia assim como ocorre aos pianistas aprendizes este processo pode ocorrer para as diversas outras tarefas. A ação complexa de digitar este texto pode ser fácil para aqueles que praticaram e vivenciaram as possibilidades de combinações de movimento e memorização do posicionamento das teclas. Isto é, controlar as duas mãos em conjunto pode ou não ser uma tarefa difícil e este nível de dificuldade será diferente para cada pessoa dependendo do nível de complexidade, mas sim, das características de cada um e do ambiente em que se encontra.

Muitos trabalhos de coordenação bimanual têm sido feitos na área de Comportamento Motor, todavia, poucos são aqueles em que o direcionamento da atenção e o nível de complexidade são enfatizados em tarefas com objetivos espaciais e temporais diferenciados. Não pretendo findar os estudos nesta área com este trabalho, mas sim iniciar outros nesta linha de pesquisa, com trabalhos que vão além da análise dos erros espaciais ou temporais, verificando o relacionamento entre as duas mãos. Trabalhos que busquem verificar o comportamento em situações mais desafiadoras com condições

mais complexas ou com mudanças de direcionamento do foco atencional durante a tentativa de coordenação manual. O intuito destes trabalhos seria compreender as situações vivenciadas pelas pessoas em momentos de demonstração da coordenação bimanual e entender a maneira como ocorre o controle destas ações, verificando a atuação dos componentes do sistema para o sucesso no cumprimento dos objetivos da tarefa.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEONI, B. N. Transferência de aprendizagem de polirritmos em músicos. (Trabalho de Conclusão de Curso). Instituto de Biociências - Departamento de Educação Física, UNESP, Rio Claro 58 p. 2003.

ALLEONI, B. N., PELLEGRINI, A. M., TINOS, S. H. & HATORE, R. S. Basic structures for the development of gross motor abilities. North American Society for the Psychology of Sport and Physical Activity Conference: Journal of Sport & Exercise Psychology s29 p. 2005.

AMAZEEN, E. L., AMAZEEN, P. G., TREFFNER, P. J. & TURVEY, M. T. Attention and handedness in bimanual coordination dynamics. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, v.23, n.5, p.1522-1560. 1997.

BAADER, A. P., KAZENNIKOV, O. & WIESENDANGER, M. Coordination of bowing and fingering in violin playing. Cognitive Brain Research, v.23, p.436-443. 2005.

BARELA, J. A. Perspectiva dos Sistemas Dinâmicos: Teoria e aplicação no estudo de desenvolvimento motor. In: A. M. PELLEGRINI (Ed.). Coletânea de estudos: Comportamento Motor I. São Paulo: Movimento, v.1, 1997.

BERNSTEIN, N. A. The coordination and regulation of movement. New York: Pergamon Press 196 p. 1967.

BRESCIANI FILHO, E. & D'OTTAVIANO, I. M. L. Conceitos básicos de sistêmica. In: C. CLE30 (Ed.). Auto-organização. Campinas: I. M. L. D'Ottaviano, M. E. Q. Gonzales, 2000.

CARSON, R. G. & KELSO, J. A. S. Governing coordination: behavioural principles and neural correlates. Experimental Brain Research, v.154, p.267-274. 2004.

DEUTSCH, D. The generation of two isochronous sequences in parallel. Perception & Psychophysics, v.34, n.4, p.331-337. 1983.

DIEDRICHSEN, J., HAZELTINE, E., KENNERLEY, S. W. & IVRY, R. B. Moving to directly cued locations abolishes spatial interference during bimanual actions. Psychological Science, v.12, n.6, p.493-498. 2001.

FAGARD, J. Does manual asymmetry of right-handers change between six and nine years of age? Human Movement Science, v.6, p.321-332. 1987.

FITTS, P. M. The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. Journal of Experimental Psychology, v.47, n.6, p.381-391. 1954.

FRANZ, E. A., ELIASSEN, J. C., IVRY, R. B. & GAZZANIGA, M. S. Dissociation of spatial and temporal coupling in the bimanual movements of callosotomy patients. Psychological Science, v.7, p.306-310. 1996.

FRANZ, E. A., ZELAZNIK, H. N. & MCCABE, G. Spatial topological constraints in a bimanual task. Acta Psychologica, v.77, p.137-151. 1991.

FRANZ, E. A., ZELAZNIK, H. N., SWINNEN, S. & WALTER, C. Spatial conceptual influences on the coordination of bimanual actions: When a dual task becomes a single task. Journal of Motor Behavior, v.33, n.1, p.103-112. 2001.

GABBARD, C. Considering handedness in studies involving manual control. Motor Control, v.2, p.81-86. 1998.

GENTILE, A. M. A working model of skill acquisition with application to teaching. Quest, v.17, p.3-23. 1972.

GEORGOPOULOS, A. P. Neural population coding of movement direction. Science, v.233, p.1416-1419. 1984.

GIBSON, J. J. The senses considered as perceptual systems. Prospect Heights, Illinois: Waveland Press. 1966.

GIBSON, J. J. The ecological approach to visual perception. Boston: Houghton Mifflin 1979.

GUDMUNDSSON, E. Lateral preference of preschool and primary school children. Perceptual and Motor Skills, v.77, p.819-828. 1993.

HAKEN, H., KELSO, J. A. S. & BUNZ, H. A theoretical model of phase transitions in human hand movements. Biological Cybernetics, v.51, p.347-356. 1985.

HANDEL, S. & OSHINSKY, J. S. The meter of syncopated auditory polyrhythms. Perception & Psychophysics, v.30, n.1, p.1-9. 1981.

HATORE, R. S. A influência da atenção dirigida e da preferência manual na execução de tarefa dual. (Trabalho de Conclusão de Curso). Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro 2005.

HELMUTH, L. L. & IVRY, R. B. When two hands are better than one: Reduced timing variability during bimanual movements. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, v.22, n.2, p.278-293. 1996.

HICKS, R. E., BRADSHAW, G. J., KINSBOURNE, M. & FEIGIN, D. S. Vocal-manual trade-offs in hemispheric sharing of human performance control. Journal of Motor Behavior, v.10, n.1, p.1-6. 1978.

HIRAGA, C. Y., SUMMERS, J. J. & TEMPRADO, J. J. Attentional costs of coordinating homologous and non-homologous limbs. Human Movement Science, v.23, n.3-4, p.415-430. 2004.

HOFFMANN, E. R., CHANG, W. Y. & YIM, K. Y. Computer mouse operation: is the left-handed user disadvantaged? Applied Ergonomics, v.28, n.4, p.245-248. 1997.

IVRY, R. B. & HAZELTINE, E. Subcortical locus of temporal coupling in the bimanual movements of a callosotomy patient. Human Movement Science, v.18, p.345-375. 1999.

JEANNEROD, M. The interaction of visual and proprioceptive cues in controlling reaching movements. In: D. R. HUMPHREY e H.-J. FREUND (Ed.). Motor Control: concepts and issues: John Wiley & Sons, 1991.

KARATEKIN, C. Development of attentional allocation in the dual task paradigma. International Journal of Psychophysiology, v.52, p.7-21. 2004.

KEELE, S. W. & POSNER, M. I. Processing of visual feedback in rapid movements. Journal of Experimental Psychology, v.77, p.155-158. 1968.

KELSO, J. A. S. Dynamic Patterns: The self-organization of brain and behavior. Cambridge: Bradford Book 1995.

KELSO, J. A. S., HOLT, K. G., RUBIN, P. & KUGLER, P. N. Patterns of human interlimb coordination emerge from the properties of non-linear, limit cycle oscillatory processes: theory and data. Journal of Motor Behavior, v.13, n.4, p.226-261. 1981.

KELSO, J. A. S., SOUTHARD, D. L. & GOODMAN, D. On the coordination of two-handed movements. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, v.5, n.2, p.229-238. 1979.

KHAN, M. A., LAWRENCE, G., FOURKAS, A., FRANKS, I. M., ELLIOTT, D. & PEMBROKE, S. Online versus offline processing of visual feedback in the control of movement amplitude. Acta Psychologica, v.113, p.83-97. 2003.

KURTZ, S. & LEE, T. D. Part and whole perceptual-motor practice of a polyrhythm. Neuroscience Letters, v.338, n.3, p.205-208. 2003.

KURTZ, S. R. & LEE, T. D. Combined effects of perceptual and motor training in polyrhythmic finger tapping. Journal of Sport & Exercise Psychology, v.23, p.S93-S93. 2001.

MACHADO, A. B. M. Neuroanatomia funcional. São Paulo: Atheneu 1993.

MAGILL, R. A. Aprendizagem Motora: conceitos e aplicações. São Paulo: Blucher 1984.

MARTENIUK, R. G., MACKENZIE, C. L. & BABA, P. Bimanual movement control: information processing and interaction effects. The Quarterly Journal of Experimental Psychology, v.36A, p.335-365. 1984.

MONNO, A., CHARDENON, A., TEMPRADO, J. J., ZANONE, P. G. & LAURENT, M. Effects of attention on phase transitions between bimanual coordination patterns: a behavioral and cost analysis in humans. Neuroscience Letters, v.283, n.2, p.93-96. 2000.

NEWELL, K. M. Coordination, control and skill. In: D. GOODMAN, R. B. WILBERG, *et al* (Ed.). Differing perspectives in motor learning, memory, and skill acquisition. North-Holland: Elsevier Publishers, 1985.

NEWELL, K. M. Constraints on the development of coordination. In: M. G. WADE e H. T. A. WHITING (Ed.). Motor development in children: aspects of coordination and control. Dordrecht: Martinus Nijhoff Press, 1986.

OLDFIELD, R. C. The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. Neuropsychologia, v.9, p.97-113. 1971.

PELLECCHIA, G. L. & TURVEY, M. T. Cognitive activity shifts the attractors of bimanual rhythmic coordination. Journal of Motor Behavior, v.33, n.1, p.9-15. 2001.

PELLEGRINI, A. M. Revisitando a atenção. In: A. M. PELLEGRINI (Ed.). Avanços em Comportamento Motor. São Paulo: Movimento, v.1, 2001.

PELLEGRINI, A. M., ANDRADE, E. C. & TEIXEIRA, L. A. Attending to the non-preferred hand improves bimanual coordination in children. Human Movement Science, v.23, n.3-4, p.447-460. 2004.

PELLEGRINI, A. M., HIRAGA, C. Y., ANDRADE, E. C. & CAVICCHIA, M. C. Preferência manual: assimetria no desenvolvimento motor. In: M. C. D. O. MICOTTI (Ed.). Alfabetização: a produção de saberes. Rio Claro: Instituto de Biociências, 2003.

PELLEGRINI, A. M., MAMMANA, A. P., HIRAGA, C. Y., ANDRADE, E. C., ALLEONI, B. N., CALVO, A. P. & MARCELINO, D. R. Diferentes aplicações do tablete no estudo da coordenação manual. XII InfoDisplay, III BrDisplay, VII DisplayEscola. Campinas: ILatin Chapter 77 p. 2005.

PETERS, M. Does handedness play a role in the coordination of bimanual movements? In: S. SWINNEN, H. HEUER, *et al* (Ed.). Interlimb coordination: neural, dynamical and cognitive constraints. San Diego: Academic Press, 1994.

PETERS, M. & SCHWARTZ, S. Coordination of the 2 Hands and Effects of Attentional Manipulation in the Production of a Bimanual 2:3 Polyrhythm. Australian Journal of Psychology, v.41, n.2, p.215-224. 1989.

POSNER, M. I. & RAICHLE, M. E. Images of mind. New York: Scientific American 1994.

RILEY, M. A., AMAZEEN, E. L., AMAZEEN, P. G., TREFFNER, P. J. & TURVEY, M. T. Effects of temporal scaling and attention on the asymmetrical dynamics of bimanual coordination. Motor Control, v.1, p.263-283. 1997.

RODRIGUES, S. T. O movimento dos olhos e a relação percepção-ação. In: L. A. TEIXEIRA (Ed.). Avanços em Comportamento Motor. São Paulo: Movimento, v.1, 2001.

ROSA NETO, F. Manual de avaliação motora. Porto Alegre: Artmed 2002.

SCHMIDT, R. A. Aprendizagem e performance motora: dos princípios à prática. São Paulo: Movimento 1993.

SMETHURST, C. J. & CARSON, R. G. The acquisition of movement skills: Practice enhances the dynamic stability of bimanual coordination. Human Movement Science, v.20, n.4-5, p.499-529. 2001.

SUMMERS, J. J., FORD, S. K. & TODD, J. A. Practice Effects on the Coordination of the 2 Hands in a Bimanual Tapping Task. Human Movement Science, v.12, n.1-2, p.111-133. 1993.

SUMMERS, J. J. & KENNEDY, T. M. Strategies in the production of a 5:3 Polyrhythm. Human Movement Science, v.11, n.1-2, p.101-112. 1992.

SUMMERS, J. J., ROSENBAUM, D. A., BURNS, B. D. & FORD, S. K. Production of Polyrhythms. Journal of Experimental Psychology-Human Perception and Performance, v.19, n.2, p.416-428. 1993.

SWINNEN, S. P., JARDIM, K. & MEULENBROEK, R. Between-limbs asynchronies during bimanual coordination. Neuropsychologia, v.34, n.12, p.1203-1213. 1996.

SWINNEN, S. P., YOUNG, D. E., WALTER, C. B. & SERRIEN, D. J. Control of asymmetrical bimanual movements. Experimental Brain Research, v.85, p.163. 1991.

TRACY, J. I., FARO, S. S., MOHAMMED, F. B., PINUS, A. B., MADI, S. M. & LASKAS, J. W. Cerebellar mediation of the complexity of bimanual compared to unimanual movements. Neurology, v.57, p.1862-1869. 2001.

TREFFNER, P. J. & TURVEY, M. T. Handedness and the Asymmetric Dynamics of Bimanual Rhythmic Coordination. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, v.21, n.2, p.318-333. 1995.

TURVEY, M. T. Coordination. American Psychologist, p.938-957. 1990.

TYDESLEY, D. A. & WHITING, H. T. A. Operational timing. Journal of Human Movement Studies, v.1, p.172-177. 1975.

WENDEROTH, N. & BOCK, O. Learning of a new bimanual coordination pattern is governed by three distinct processes. Motor Control, v.5, n.1, p.23-35. 2001.

WENDEROTH, N., BOCK, O. & KROHN, R. Learning a new bimanual coordination pattern is influenced by existing attractors. Motor Control, v.6, n.2, p.166-182. 2002.

WING, A. M. & KRISTOFFERSON, A. B. Response delays and the timing of discrete motor responses. Perception & Psychophysics, v.14, n.1, p.5-12. 1973a.

WING, A. M. & KRISTOFFERSON, A. B. The timing of interresponse intervals. Perception & Psychophysics, v.13, n.3, p.455-460. 1973b.

WUYTS, I. J., SUMMERS, J. J., CARSON, R. G., BYBLOW, W. D. & SEMJEN, A. Attention as a mediating variable in the dynamics of bimanual coordination. Human Movement Science, v.15, n.6, p.877-897. 1996.

ZANONE, P. G. & KELSO, J. A. S. Evolution of behavioral attractors with learning: nonequilibrium phase transitions. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, v.18, n.2, p.403-421. 1992.

ZANONE, P. G. & KELSO, J. A. S. Coordination dynamics of learning and transfer: collective and components levels. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, v.23, n.5, p.1454-1480. 1997.

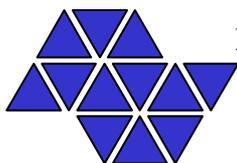
ZELAZNIK, H. N., SCHMIDT, R. A., GIELEN, C. C. M. A. & MILICH, M. Kinematic properties of rapid aimed hand movements. Journal of Motor Behavior, v.15, p.217-236. 1983.

ZELAZNIK, H. N., SPENCER, R. M. C. & IVRY, R. B. Dissociation of explicit and implicit timing in repetitive tapping and drawing movements. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, v.28, n.3, p.575-588. 2002.

10 ABSTRACT

Bimanual coordination is a behavior showed by people during the performance of many daily tasks. Actions that require the control of the hands as to sweep the room, to free pipe, to sew or to play piano are very common actions that can be improved and performed with accuracy as a result of practice. The unimanual tasks and the bimanual tasks that must be led by one of the hands, in general, are performed by the preferred hand, the right hand for a large number of individuals. Tools used in daily tasks are tailored for right hand and as a consequence the difference in performance between hands is smaller for those left-handed. To keep moving in a rhythm or to reach targets are tasks that require a full functioning of organic structures as the upper limbs or visual and auditory systems. The direction of visual attention can be very important in capturing relevant information for touching targets in the horizontal plane mainly if the characteristics of tasks of the two hands are different. However, the hands are physically apart and in the performance of a task that requires different displacements for the two hands the performer must pick up information from one of the hands for performance accuracy. The objective of the present study

ANEXO

**Formulário de Informação e Consentimento**

Departamento de Educação Física

IB/ UNESP/ Rio Claro

**Título do Estudo:** A Coordenação Bimanual em Função do Foco Atencional**Responsável:** BRUNO NASCIMENTO ALLEONI**Orientador:** PROFA. DRA. ANA MARIA PELLEGRINI

Eu, Bruno Nascimento Alleoni, pesquisador responsável, convido você a participar do estudo “A coordenação bimanual em função do foco atencional”. O objetivo é verificar a influência do foco atencional visual na ação de tamborilar com as duas mãos com deslocamentos espaciais diferentes e em vários intervalos temporais.

Para sua participação neste estudo, é necessário comparecer dois dias no local de coleta de dados com duração aproximada de 50 minutos. No 1º dia, você preencherá um inventário para verificação de seu índice de preferência manual. Ainda, fará movimentos de coordenação bimanual em quatro condições (1:1, 2:1, 3:1 e 3:2) com a atenção livre para qualquer uma das mãos. No 2º dia, você realizará as mesmas quatro condições, entretanto, haverá tentativas em que o foco atencional visual deverá estar na mão direita ou na mão esquerda. Para cada condição serão realizadas oito tentativas com intervalo entre elas de 10 segundos e entre as condições de 45 segundos. Cada tentativa terá a duração de 20 segundos. O horário e o dia de coleta de dados será definido conforme sua disponibilidade e em comum acordo com o pesquisador.

Os riscos de acidente são praticamente inexistentes, pois durante todo o experimento você permanecerá sentado confortavelmente. Além disso, o pesquisador permanecerá próximo para evitar qualquer eventualidade.

DADOS DO PESQUISADOR RESPONSÁVEL

Bruno Nascimento Alleoni - Aluno de Mestrado PGMH, Unesp/Rio Claro/SP.

Telefone: (19) 3532-3101

E-mail: brunona@rc.unesp.br

LOCAL DA PESQUISA

Universidade Estadual Paulista - Departamento de Educação Física.

Endereço: Av. 24 - A, 1515, Bela Vista - Rio Claro - São Paulo.

Telefone: (19) 3526-4311

E-mail: labordam@rc.unesp.br

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Código do Participante: _____

Eu,

_____ estou
suficientemente esclarecido quanto aos objetivos, procedimentos, benefícios e
riscos envolvidos no estudo. Recebi respostas satisfatórias às minhas
indagações relativas ao estudo e estou consciente de que posso me retirar do
experimento a qualquer momento e por qualquer razão. Assim, eu aceito
participar do estudo desde que os dados coletados sejam utilizados somente
para fins de ensino e pesquisa.

Rio Claro, de de 2006.

Assinatura do Participante_____
RG

DADOS DO PARTICIPANTE

NOME: _____

ENDEREÇO: _____

E-mail: _____

CEP.: _____ TELEFONE: _____

DATA DE NASCIMENTO : _____ / _____ / _____

INVENTÁRIO DE PREFERÊNCIA MANUAL DE EDINBURGH

Nome completo: _____

Código no estudo: _____ Data de nascimento: ____/____/____

Por favor, indique as suas preferências no uso de suas mãos nas atividades seguintes colocando + na coluna apropriada. Onde a preferência for tão forte que você nunca tentaria usar a outra mão, a menos que fosse forçado, coloque ++. Se, em algum caso você for realmente indiferente coloque + em ambas as colunas.

Algumas das atividades requerem a utilização de ambas as mãos. Nestes casos, a parte da tarefa ou do objeto requeridos para definir a preferência manual é indicado entre parênteses.

Por favor, tente responder todas as questões e somente deixe em branco se você realmente não teve experiência em qualquer objeto ou tarefa.

	Tarefa motora	Esquerda	Direita
1	Escrever		
2	Desenhar		
3	Lançar		
4	Tesouras		
5	Escova de dente		
6	Faca (sem garfo)		
7	Colher		
8	Vassoura (mão superior)		
9	Dando a partida (partida)		
10	Abrindo a caixa (tampa)		

Deixe estes espaços em branco

Q.L.		Percentil	
------	--	-----------	--

*Q. L. = Quociente de Lateralidade

____/____/____

TABELA 1. Características dos participantes quanto à preferência manual, idade, gênero e Quociente de Lateralidade do Inventário de Edinburgh (Oldfield, 1971).

Preferência manual	Idade (anos)	Gênero	Quociente de Lateralidade
direita	20	M	1,00
direita	19	M	0,80
direita	21	M	0,95
direita	20	M	0,85
direita	19	F	0,95
direita	25	M	1,00
direita	20	M	0,80
direita	24	F	1,00
direita	23	M	0,90
direita	20	F	0,80
esquerda	18	F	0,75
esquerda	18	F	0,75
esquerda	28	F	0,45
esquerda	23	F	1,00
esquerda	26	M	0,55
esquerda	17	F	0,70
esquerda	23	M	0,70
esquerda	22	M	0,70

TABELA 2. Tabela Sumário da Análise de Variância (ANOVA) da condição 1:1 para a variável dependente erro espacial, com os fatores preferência manual (direita e esquerda), mão (preferida e não-preferida) e intervalo temporal (300, 600 e 900 ms).

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F	p
Preferência manual (1)	1	275,92	275,92	3,48	0,07
Mão (2)	1	528,07	528,07	28,11	0,00*
Intervalo temporal (3)	2	1123,97	561,99	27,59	0,00*
1 x 2	1	182,59	182,59	9,72	0,01*
1 x 3	2	21,97	10,99	0,54	0,59
2 x 3	2	5,45	2,73	0,64	0,54
1 x 2 x 3	2	4,93	2,47	0,57	0,57

* $p < 0,05$

TABELA 3. Resultado do Teste a posteriori de Tukey HSD para n não-iguais da média do erro espacial da interação preferência manual x mão.

Preferência manual	Mão	Média	{1}	{2}	{3}	{4}
			23,767	30,833	23,836	25,000
direita	preferida	{1}		0,01*	0,99	0,98
direita	não-preferida	{2}			0,13	0,53
esquerda	preferida	{3}				0,83
esquerda	não-preferida	{4}				

* $p < 0,05$

TABELA 4. Resultado do Teste a posteriori de Tukey HSD para n não-iguais da média do erro espacial do fator principal intervalo temporal.

Intervalo temporal	Média	{1}	{2}	{3}
		30,278	24,944	22,389
300	{1}		0,00*	0,00*
600	{2}			0,22
900	{3}			

* $p < 0,05$

TABELA 5. Tabela Sumário da Análise de Variância (ANOVA) da condição 1:1 para a variável dependente erro temporal, com os fatores preferência manual (direita e esquerda), mão (preferida e não-preferida) e intervalo temporal (300, 600 e 900 ms).

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F	p
Preferência manual (1)	1	34,25	34,25	0,33	0,57
Mão (2)	1	16,36	16,36	1,67	0,21
Intervalo temporal (3)	2	4137,21	2068,60	39,79	0,00*
1 x 2	1	2,14	2,14	0,22	0,65
1 x 3	2	211,10	105,55	2,03	0,15
2 x 3	2	8,82	4,41	0,46	0,63
1 x 2 x 3	2	25,38	12,69	1,33	0,28

* $p < 0,05$

TABELA 6. Resultado do Teste a posteriori de Tukey HSD para n não-iguais da média do erro temporal do fator principal intervalo temporal.

Intervalo temporal	Média	{1}	{2}	{3}
300	{1}	25,333	32,750	40,528
600	{2}		0,01*	0,00*
900	{3}			0,01*

* $p < 0,05$

TABELA 7. Tabela Sumário da Análise de Variância (ANOVA) da mão preferida para a variável dependente erro espacial, com os fatores preferência manual (direita e esquerda) e condição (1:1, 2:1 e 3:1).

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F	p
Preferência manual (1)	1	41,61	41,61	1,76	0,20
Condição (2)	2	142,36	71,18	5,51	0,01*
1 x 2	2	76,80	38,40	2,97	0,07

* $p < 0.05$

TABELA 8. Tabela Sumário da Análise de Variância (ANOVA) da mão preferida para a variável dependente erro temporal, com os fatores preferência manual (direita e esquerda) e condição (1:1, 2:1 e 3:1).

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F	p
Preferência manual (1)	1	10,80	10,80	0,13	0,73
Condição (2)	2	115,27	57,64	2,71	0,08
1 x 2	2	106,61	53,30	2,51	0,10

TABELA 9. Resultado do Teste a posteriori de Tukey HSD para n não-iguais da média do erro espacial do fator principal condição.

Condição	Média	{1}	{2}	{3}
1:1	{1}	28,111	29,611	32,222
2:1	{2}		0,43	0,00*
3:1	{3}			0,09

* $p < 0.05$

TABELA 10. Tabela Sumário da Análise de Variância (ANOVA) da mão preferida para a variável dependente erro espacial, com os fatores preferência manual (direita e esquerda) e condição (1:1 e 3:2).

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F	p
Preferência manual (1)	1	1,70	1,70	0,11	0,75
Condição (2)	1	109,67	109,67	36,64	0,00*
1 x 2	1	17,11	17,11	5,72	0,03*

* p < 0.05

TABELA 11. Resultado do Teste a posteriori de Tukey HSD para n não-iguais da média do erro espacial da interação preferência manual e condição.

Preferência manual	Condição	{1}	{2}	{3}	{4}
		21,800	26,700	22,750	24,875
direita	1:1		0,00*	0,96	0,22
direita	3:2			0,08	0,80
esquerda	1:1				0,11
esquerda	3:2				

* p < 0.05

TABELA 12. Tabela Sumário da Análise de Variância (ANOVA) da mão preferida para a variável dependente erro espacial, com os fatores preferência manual (direita e esquerda) e condição (1:1 e 3:2).

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F	p
Preferência manual (1)	1	77,36	77,36	1,83	0,20
Condição (2)	1	12,80	12,80	0,70	0,42
1 x 2	1	0,80	0,80	0,04	0,84

TABELA 13. Tabela Sumário da Análise de Variância (ANOVA) da mão não-preferida para a variável dependente erro temporal, com os fatores preferência manual (direita e esquerda) e condição (1:1 e 2:1).

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F	p
Preferência manual (1)	1	330,76	330,76	1,74	0,21
Condição (2)	1	8,45	8,45	0,06	0,81
1 x 2	1	123,34	123,34	0,92	0,35

TABELA 14. Tabela Sumário da Análise de Variância (ANOVA) da mão não-preferida para a variável dependente erro espacial, com os fatores preferência manual (direita e esquerda) e condição (1:1 e 2:1).

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F	p
Preferência manual (1)	1	15,31	15,31	0,28	0,60
Condição (2)	1	973,01	973,01	44,10	0,00*
1 x 2	1	154,01	154,01	6,98	0,02*

* $p < 0.05$

TABELA 15. Resultado do Teste a posteriori de Tukey HSD para n não-iguais da média do erro espacial da interação preferência manual e condição.

Preferência manual	Condição	Média	{1}	{2}	{3}	{4}
			30,100	36,400	24,625	39,250
direita	1:1	{1}		0,04*	0,46	0,03*
direita	2:1	{2}			0,00*	0,86
esquerda	1:1	{3}				0,00*
esquerda	2:1	{4}				

* $p < 0.05$

TABELA 16. Tabela Sumário da Análise de Variância (ANOVA) da mão não-preferida para a variável dependente erro espacial, com os fatores preferência manual (direita e esquerda) e condição (1:1, 3:1 e 3:2).

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F	p
Preferência manual (1)	1	393,61	393,61	4,49	0,05
Condição (2)	2	1951,47	975,73	28,77	0,00*
1 x 2	2	308,14	154,07	4,54	0,02*

* $p < 0.05$

TABELA 17. Resultado do teste a posteriori de Tukey HSD para n não-iguais da média do erro espacial da interação preferência manual e condição.

Preferência manual	Condição	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
		27,000	38,700	35,100	21,625	39,125	23,750
direita	1:1		0,00*	0,04*	0,85	0,02*	0,94
direita	3:1			0,74	0,00*	0,99	0,00*
direita	3:2				0,01*	0,87	0,21
esquerda	1:1					0,00*	0,98
esquerda	3:1						0,00*
esquerda	3:2						

* $p < 0.05$

TABELA 18. Tabela Sumário da Análise de Variância (ANOVA) da mão não-preferida para a variável dependente erro temporal, com os fatores preferência manual (direita e esquerda) e condição (1:1, 3:1 e 3:2).

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F	p
Preferência manual (1)	1	122,68	122,68	0,45	0,51
Condição (2)	2	326,62	163,31	1,55	0,23
1 x 2	2	326,69	163,35	1,55	0,23

TABELA 19. Tabela Sumário da Análise de Variância (ANOVA) para a variável dependente erro temporal, com os fatores preferência manual (direita e esquerda), mão (preferida e não-preferida), atenção (mão preferida, mão não-preferida e livre) e condição (1:1, 2:1, 3:1 e 3:2).

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F	p
Preferência manual (1)	1	860,71	860,71	1,11	0,31
Mão (2)	1	10311,89	10311,89	118,96	0,00*
Atenção (3)	2	210,62	105,31	1,13	0,33
Condição (4)	3	18261,64	6087,21	32,30	0,00*
1 x 2	1	649,56	649,56	7,49	0,01*
1 x 3	2	8,59	4,29	0,05	0,95
1 x 4	3	2285,62	761,87	4,04	0,01*
2 x 3	2	108,65	54,32	2,42	0,11
2 x 4	3	3249,00	1083,00	22,19	0,00*
3 x 4	6	1090,92	181,82	2,19	0,05
1 x 2 x 3	2	37,95	18,98	0,84	0,44
1 x 2 x 4	3	140,40	46,80	0,96	0,42
1 x 3 x 4	6	1116,47	186,08	2,24	0,04*
2 x 3 x 4	6	200,85	33,48	1,33	0,25
1 x 2 x 3 x 4	6	33,80	5,63	0,22	0,97

* p < 0.05

TABELA 20. Resultado do Teste a posteriori de Tukey HSD para n não-iguais da média do erro espacial da interação preferência manual e mão.

Preferência manual	Mão	Média	{1}	{2}	{3}	{4}
			26,425	38,725	26,052	33,417
direita	preferida	{1}		0,04*	0,99	0,91
direita	não-preferida	{2}			0,62	0,98
esquerda	preferida	{3}				0,42
esquerda	não-preferida	{4}				

* p < 0.05

TABELA 21. Resultado do Teste a posteriori de Tukey HSD para n não-iguais ($p < 0,05$) da média do erro temporal da interação mão e condição.

Mão	Condição	Média	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}
			24,389	21,963	22,333	36,352	26,000	31,426	39,444	48,593
preferida	1:1	{1}		0,97	0,99	0,00*	0,99	0,07	0,00*	0,00*
preferida	2:1	{2}			0,99	0,00*	0,67	0,00*	0,00*	0,00*
preferida	3:1	{3}				0,00*	0,76	0,01*	0,00*	0,00*
preferida	3:2	{4}					0,00*	0,42	0,88	0,00*
não-preferida	1:1	{5}						0,30	0,00*	0,00*
não-preferida	2:1	{6}							0,02*	0,00*
não-preferida	3:1	{7}								0,01*
não-preferida	3:2	{8}								

* $p < 0.05$

TABELA 22. Resultado do Teste a posteriori de Tukey HSD para n não-iguais ($p < 0,05$) da média do erro temporal da interação preferência manual, atenção e condição.

Preferência manual	Atenção	Condição	{1} 22,600	{2} 24,800	{3} 30,950	{4} 49,600	{5} 27,250	{6} 26,750	{7} 30,100	{8} 50,950
direita	mão preferida	1:1		0,99	0,92	0,00*	0,99	0,99	0,97	0,00*
direita	mão preferida	2:1			0,99	0,00*	0,99	0,99	0,99	0,00*
direita	mão preferida	3:1				0,00*	0,99	0,99	0,99	0,00*
direita	mão preferida	3:2					0,00*	0,00*	0,00*	0,99
direita	mão não-preferida	1:1						0,99	0,99	0,00*
direita	mão não-preferida	2:1							0,99	0,00*
direita	mão não-preferida	3:1								0,00*
direita	mão não-preferida	3:2								
direita	livre	1:1								
direita	livre	2:1								
direita	livre	3:1								
direita	livre	3:2								
esquerda	mão preferida	1:1								
esquerda	mão preferida	2:1								
esquerda	mão preferida	3:1								
esquerda	mão preferida	3:2								
esquerda	mão não-preferida	1:1								
esquerda	mão não-preferida	2:1								
esquerda	mão não-preferida	3:1								
esquerda	mão não-preferida	3:2								
esquerda	livre	1:1								
esquerda	livre	2:1								
esquerda	livre	3:1								
esquerda	livre	3:2								

* $p < 0.05$

Preferência manual	Atenção	Condição	{9} 24,150	{10} 31,900	{11} 31,000	{12} 40,850	{13} 25,938	{14} 22,813	{15} 30,313	{16} 38,625
direita	mão preferida	1:1	0,99	0,82	0,92	0,00*	0,99	0,99	0,99	0,75
direita	mão preferida	2:1	0,99	0,99	0,99	0,03*	0,99	0,99	0,99	0,91
direita	mão preferida	3:1	0,99	0,99	0,99	0,72	0,99	0,99	0,99	0,99
direita	mão preferida	3:2	0,00*	0,01*	0,00*	0,89	0,13	0,04*	0,43	0,99
direita	mão não-preferida	1:1	0,99	0,99	0,99	0,15	0,99	0,99	0,99	0,99
direita	mão não-preferida	2:1	0,99	0,99	0,99	0,11	0,99	0,99	0,99	0,98
direita	mão não-preferida	3:1	0,99	0,99	0,99	0,57	0,99	0,99	0,99	0,99
direita	mão não-preferida	3:2	0,00*	0,00*	0,00*	0,69	0,08	0,02*	0,31	0,97
direita	livre	1:1		0,96	0,99	0,02*	0,99	0,99	0,99	0,87
direita	livre	2:1			0,99	0,86	0,99	0,99	0,99	0,99
direita	livre	3:1				0,73	0,99	0,99	0,99	0,99
direita	livre	3:2					0,84	0,55	0,99	0,99
esquerda	mão preferida	1:1						0,99	0,99	0,46
esquerda	mão preferida	2:1							0,99	0,11
esquerda	mão preferida	3:1								0,98
esquerda	mão preferida	3:2								
esquerda	mão não-preferida	1:1								
esquerda	mão não-preferida	2:1								
esquerda	mão não-preferida	3:1								
esquerda	mão não-preferida	3:2								
esquerda	livre	1:1								
esquerda	livre	2:1								
esquerda	livre	3:1								
esquerda	livre	3:2								

* p < 0.05

Preferência manual	Atenção	Condição	{17}	{18}	{19}	{20}	{21}	{22}	{23}	{24}
			24,813	27,375	34,563	35,375	26,813	25,688	28,563	35,938
direita	mão preferida	1:1	0,99	0,99	0,98	0,96	0,99	0,99	0,99	0,94
direita	mão preferida	2:1	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
direita	mão preferida	3:1	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
direita	mão preferida	3:2	0,09	0,20	0,83	0,89	0,17	0,12	0,28	0,92
direita	mão não-preferida	1:1	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
direita	mão não-preferida	2:1	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
direita	mão não-preferida	3:1	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
direita	mão não-preferida	3:2	0,05	0,13	0,72	0,99	0,11	0,07	0,19	0,84
direita	livre	1:1	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98
direita	livre	2:1	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
direita	livre	3:1	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
direita	livre	3:2	0,75	0,93	0,99	0,99	0,99	0,82	0,97	0,99
esquerda	mão preferida	1:1	0,99	0,99	0,96	0,92	0,99	0,99	0,99	0,86
esquerda	mão preferida	2:1	0,99	0,99	0,62	0,48	0,99	0,99	0,99	0,40
esquerda	mão preferida	3:1	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
esquerda	mão preferida	3:2	0,30	0,70	0,99	0,99	0,61	0,42	0,86	0,99
esquerda	mão não-preferida	1:1		0,99	0,89	0,80	0,99	0,99	0,99	0,72
esquerda	mão não-preferida	2:1			0,99	0,98	0,99	0,99	0,99	0,97
esquerda	mão não-preferida	3:1				0,99	0,99	0,95	0,99	0,99
esquerda	mão não-preferida	3:2					0,97	0,89	0,99	0,99
esquerda	livre	1:1						0,99	0,99	0,94
esquerda	livre	2:1							0,99	0,84
esquerda	livre	3:1								0,99
esquerda	livre	3:2								0,99

* $p < 0.05$

TABELA 23. Tabela Sumário da Análise de Variância (ANOVA) da média do erro espacial, com os fatores preferência manual (direita e esquerda), mão (preferida e não-preferida), atenção (mão preferida, mão não-preferida e livre) e condição (1:1, 2:1, 3:1 e 3:2).

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F	p
Preferência manual (1)	1	154,93	154,94	0,56	0,46
Mão (2)	1	521,66	521,66	9,19	0,01*
Atenção (3)	2	7099,13	3549,57	110,11	0,00*
Condição (4)	3	3048,15	1016,05	27,04	0,00*
1 x 2	1	197,71	197,71	3,48	0,08
1 x 3	2	204,24	102,12	3,17	0,06
1 x 4	3	481,93	160,64	4,28	0,01*
2 x 3	2	46333,54	23166,77	638,36	0,00*
2 x 4	3	1945,47	648,49	28,66	0,00*
3 x 4	6	2869,67	478,28	20,29	0,00*
1 x 2 x 3	2	78,59	39,30	1,08	0,35
1 x 2 x 4	3	118,45	39,48	1,74	0,17
1 x 3 x 4	6	429,00	71,50	3,03	0,01*
2 x 3 x 4	6	3001,62	500,27	32,38	0,00*
1 x 2 x 3 x 4	6	413,08	68,85	4,46	0,00*

* $p < 0.05$

TABELA 24. Resultado do Teste a posteriori de Tukey HSD para n não-iguais da média do erro espacial da interação mão e atenção.

Atenção	Média	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
mão preferida	{1}	25,889	56,736	28,958	44,375	26,264	34,764
mão não-preferida	{2}		0,00*	0,65	0,00*	0,99	0,00*
livre	{3}			0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
mão preferida	{4}				0,00*	0,76	0,07
mão não-preferida	{5}					0,00*	0,00*
livre	{6}						0,00*

* $p < 0,05$