



**Universidade Federal do Rio de Janeiro
Centro de Ciências da Saúde
Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho**



PATRÍCIA VALENTIM GOLDSTEIN

INFLUÊNCIA DO ESPAÇO DE AÇÃO EM TAREFA DE APONTAMENTO MANUAL

**Rio de Janeiro
2008**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Patrícia Valentim Goldstein

Influência do espaço de ação em
tarefa de apontamento manual

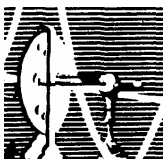
UFRJ
V. I

PATRÍCIA VALENTIM GOLDSTEIN

INFLUÊNCIA DO ESPAÇO DE AÇÃO EM TAREFA DE APONTAMENTO MANUAL

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Fisiologia), Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas (Fisiologia).

Orientadora: Claudia Domingues Vargas



**Universidade Federal do Rio de Janeiro
Centro de Ciências da Saúde
Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho
2008**

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Neurobiologia II, Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho (IBCCF), Universidade Federal do Rio de Janeiro, sob orientação da professora Claudia Domingues Vargas, na vigência de auxílios concedidos pela Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e pelo Programa de Apoio a Núcleos de Excelência (PRONEX).

Valentim-Goldstein, Patrícia.

Influência do espaço de ação em tarefa de apontamento manual / Patrícia Valentim-Goldstein. – Rio de Janeiro: UFRJ / IBCCF, 2008.

XIV, 113f.: 34 il.

Orientadora: Claudia Domingues Vargas
Dissertação (Mestrado) – UFRJ, IBCCF, Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Fisiologia), 2008.

1.Lei de Fitts. 2.Campo visual superior e inferior.
3.Retroalimentação visual.
I. C.D. Vargas. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, IBCCF, Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Fisiologia). III.Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

“Influência do espaço de ação em tarefa de apontamento manual”

PATRÍCIA VALENTIM GOLDSTEIN

**DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
VISANDO A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
(FISIOLOGIA)**

Rio de Janeiro, ____ de _____ de 2008.

Dra. ELIANE VOLCHAN

Dr. GABRIEL RODRIGUEZ DE FREITAS

Dr. WALTER MACHADO-PINHEIRO

**Dra. CLAUDIA DOMINGUES VARGAS
(ORIENTADORA)**

**Dr. MARIO FIORANI JÚNIOR
(REVISOR)**

Dedicatória

Aos melhores pais do mundo!!!

AGRADECIMENTOS

A minha mãe querida, por tornar cada dia mais suave e bonito. Se me fosse dado o direito de nascer cem vezes, em todas gostaria de ser sua filha.

Ao meu querido pai, minha fortíssima referência de bondade e honestidade nessa vida.

A minha querida Béia, minha eterna babá, por um dia eu ter sido carregada no seu antebraço quentinho e ainda hoje ter a oportunidade de receber seu abraço.

Aos meus queridos irmãos Luiz e André, por nossas vidas juntos.

Ao Guto, meu companheiro, meu querido, meu amigo, meu parceiro.

A minha orientadora Claudia Domingues Vargas por ter me recebido, orientado, incentivado e auxiliado no crescimento pessoal.

Ao querido amigo Aureliano, por todo o carinho, paciência, cuidado e interesse no meu desenvolvimento. Agradeço cada conversa, mesmo as de um minuto, pois em cada uma delas houve uma palavra positiva.

Ao querido amigo Magá, extremamente necessário, super dedicado, sempre disposto a resolver os casos mais difíceis com uma leveza tão particular.

Ao professor Mario Fiorani, pela disponibilidade e interesse em ajudar.

Aos professores Walter Machado-Pinheiro e Cláudio Serfaty por terem me recebido em seus Laboratórios.

A querida amiga Laura, pela companhia, pelos passeios, por me escutar, se preocupar comigo e ser essa pessoa tão agradável de conviver.

Aos queridos amigos: Érika, Ghislain, Thiago, Maitê, Marquinhos, Anaelli, Renata, Ana Paula, Bruno, Carolina, Edu, Ana Carol, André, Gabi, Cadu, Billy, Vanessa, Rafinha, Fátima, Luiz, por todos os momentos felizes juntos.

Aos meus queridos amigos, da vida e do trabalho, por torcerem tanto por mim.

Aos meus pacientes, pela motivação de estudar sempre mais.

Aos professores e atletas do Instituto Benjamin Constant, por toda a ajuda e novas amizades.

Aos voluntários desse estudo, pela disponibilidade.

RESUMO

Foi sugerido que o campo visual inferior, que corresponderia ao espaço próximo ao corpo, onde realizamos movimentos de alcance e manipulação, teria processamento privilegiado para o controle das ações. Por sua vez, o campo visual superior, correspondendo ao espaço mais distante teria funções de localização, reconhecimento e orientação. Este estudo visa verificar se o desempenho motor é distinto entre os espaços de ação superior e inferior em duas tarefas de apontamento e se o mesmo é afetado pela ausência de retroalimentação visual. Na tarefa 1, o tamanho do alvo foi fixado em 15 mm e as distâncias variaram de 3; 5,08 e 10,16 cm. Na tarefa 2, a distância foi fixada em 30 mm e o tamanho dos alvos variou de 2; 4; 7,5; 15 e 30 mm. Vinte voluntários destros do sexo masculino foram solicitados a manter o dedo indicador da mão esquerda, a atenção e os olhos fixos sobre um ponto 4 cm acima ou abaixo de uma linha vertical de 8 cm, e realizar 5 apontamentos de ida e volta do ponto de origem até o alvo segurando um punção, por três tentativas. O experimento iniciou com uma sequência de olhos fechados (OF), seguida por uma de olhos abertos (OA). Tarefa e espaço de ação foram apresentados de forma aleatória. Foram analisados os parâmetros: tempo de movimento (TM), percentual de acertos (%), constante de erro (CE), área de dispersão ("A"), erro variável no eixo X (EV em X) e no eixo Y (EV em Y) e ângulo de inclinação da elipse ("Â") através de ANOVA de medidas repetidas, usando condição visual, espaço de ação, tentativa e tarefa como fatores. A lei de Fitts, que relaciona a velocidade com a precisão dos movimentos, foi evidente nas duas tarefas com OA e OF. O favorecimento do espaço de ação inferior foi demonstrado na tarefa 1 através de uma menor CE com OA e OF e menor EV em Y com OA. Na tarefa 2 através de menor "A" com OA e OF e menor EV em Y com OA. Para %, OA só foi diferente de OF na tarefa 1 no alvo mais próximo e na tarefa 2 nos alvos intermediários. Na tarefa 2 apenas CE não evidenciou diferença entre as condições visuais. Não houve efeito de aprendizado. Em conclusão, a dificuldade da tarefa parece ser incorporada ao plano motor, independentemente da presença ou ausência de informação visual. Além disto, parece existir um limite ótimo para a utilização da informação visual disponível durante o movimento. Finalmente, os espaços de ação superior e inferior parecem ser representados distintamente no cérebro humano.

ABSTRACT

It was suggested that the lower visual field corresponding to the space next to our body where we make movements to grip and grasp would be privileged in the control of actions. Conversely, the upper visual field would concern the more distant space, with functions such as localization, recognition and orientation. This study aims to assess whether the motor performance differs in the upper and lower action spaces in two pointing tasks, and if it is affected by the absence of visual feedback. In task 1, the size of the target was fixed in 15 mm and the distances varied from 3; 5.08 and 10.6 cm. In task 2, the distance was fixed in 30 mm and the sizes of the target varied about 2; 4; 7,5; 15 and 30 mm. Twenty right-handed male volunteers were asked to maintain the left index finger, the attention and the eyes fixed upon a point 4 cm above or below a vertical 8 cm line, and to point 5 times to the center the target and back holding a puncture, for three trials. The experiment started with a sequence with eyes closed (EC), followed by a sequence with open eyes (EO). Task and space of action were randomized. The following parameters were analyzed: time of movement (TM), percentage of correct outcomes (%), constant of error (CE), dispersion area ("A"), variability of error in the X axis (VE in X) and Y axis (VE in Y) and inclination angle of ellipse ("Â") using repeated ANOVA measurements, with visual condition, space of action, trial and task as factors. Fitts law, which correlates velocity with accuracy, was evident both in tasks with EC and EO. The favoring of the inferior space was demonstrated in task 1, through a lower CE with EC and EO and a lower VE in Y with EO. In task 2, through a lower "A" with EC and EO and a lower VE in Y with EO. For %, EO was only different of EC in task 1 in the nearest target and in task 2 for the medium targets. In task 2, only CE did not show differences between visual conditions. Learning effects were not evident. In conclusion, task difficulty seems to be incorporated to the motor plan, independently of the presence or absence of visual information. Moreover, there seems to exist a limit for the utilization of the available visual information during the movement. Finally, superior and inferior visual fields seem to have a distinct status in the human brain.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Principais acessos por onde os estímulos captados pela retina alcançam as vias dorsal e ventral em primatas	17
Figura 02: Representação esquemática de como a cena captada pela retina é apresentada no córtex visual primário	18
Figura 03: Esquema ilustrativo de um corte sagital do globo ocular.....	19
Figura 04: Tarefas utilizadas no experimento de Fitts (1954)	26
Figura 05: Disposição dos estímulos e resultados do experimento de Danckert e Goodale (2001).....	31
Figura 06: Resultados do experimento de Binsted e Heath (2004)	33
Figura 07: Resultados do experimento de Khan e Lawrence (2005).	35
Figura 08: Representação esquemática do posicionamento do voluntário e dos componentes do experimento	41
Figura 09: Punção modificado.....	42
Figura 10: Folha de transparência utilizada.	42
Figura 11: Representação esquemática das tarefas..	45
Figura 12: Tela do Programa Análise de Movimento.....	46
Figura 13: Ilustração esquemática do parâmetro constante de erro	50
Figura 14: Ilustração esquemática do parâmetro área de dispersão dos apontamentos	50
Figura 15: Ilustração esquemática do parâmetro erro variável no eixo X	51
Figura 16: Ilustração esquemática do parâmetro erro variável no eixo Y	51
Figura 17: Diferença entre exatidão e precisão	52
Figura 18: Média da constante de erro para os apontamentos realizados nos espaços de ação superior e inferior.....	54
Figura 19: Erro variável no eixo Y versus espaços de ação, em ambas as condições visuais	55
Figura 20 a: Ângulo de inclinação da elipse versus espaços de ação, em ambas as condições visuais.	56
Figura 20 b: Erro variável no eixo Y versus espaços de ação, em ambas as condições visuais	57
Figura 21: Tempo de movimento x índice de dificuldade em ambos os espaços de ação em ambas as condições visuais	59
Figura 22: Tempo de movimento x índice de dificuldade em ambas as condições visuais	60
Figura 23: Percentual de acertos na tarefa com distâncias variando e em condições visuais diferentes	61
Figura 24: Área de dispersão dos apontamentos x distância do centro dos alvos, em ambas as condições visuais.....	62
Figura 25: Constante de erro x distância do centro dos alvos, em ambas as condições visuais.	63
Figura 26: Erro variável no eixo X e no eixo Y versus distância do centro do alvo, em ambas as condições visuais.....	64
Figura 27: Área de dispersão dos apontamentos x espaço de ação	65

Figura 28: Erro variável no eixo Y versus espaços de ação, em ambas as condições visuais	66
Figura 29 a: Ângulo de inclinação da elipse versus espaços de ação, em ambas as condições visuais.....	67
Figura 29 b: Erro variável no eixo Y versus espaços de ação, em ambas as condições visuais	68
Figura 30: Tempo de movimento x índice de dificuldade em ambos os espaços de ação em ambas as condições visuais	70
Figura 31: Tempo de movimento x tamanho dos alvos, em ambas as condições visuais	71
Figura 32: Percentual de acertos x tamanho dos alvos, em ambas as condições visuais	72
Figura 33: Área de dispersão dos apontamentos x condição visual.....	73
Figura 34: Erro variável no eixo X e erro variável no eixo Y versus condição visual.....	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Resumo dos parâmetros e resultados que investigaram possíveis diferenças entre os movimentos de apontamento feitos no campo visual superior e inferior.....36

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1. PROCESSAMENTO VISUAL A PARTIR DA RETINA.....	15
1.1.1. DIFERENÇAS NA REPRESENTAÇÃO DO CAMPO VISUAL SUPERIOR E INFERIOR	19
1.2 O CONTROLE DOS MOVIMENTOS E O PAPEL DA RETROALIMENTAÇÃO VISUAL.....	23
1.2.1 RELAÇÃO ENTRE VELOCIDADE E EXATIDÃO	25
1.3 O ESTUDO DA RELAÇÃO ENTRE VELOCIDADE E EXATIDÃO COMO FORMA DE EVIDENCIAR POSSÍVEIS DIFERENÇAS ENTRE OS CAMPOS VISUAIS SUPERIOR E INFERIOR	30
2 OBJETIVOS	37
3 MATERIAIS E MÉTODOS	39
3.1 Voluntários.....	39
3.2 Instrumentação e aquisição dos dados.....	39
3.3 Paradigma experimental	47
3.4 Análise dos resultados	49
3.5 Análise estatística dos dados.....	53
4 RESULTADOS	54
4.1 EXPERIMENTO 1: TAREFA COM AS DISTÂNCIAS DO ALVO VARIANDO	54
4.1.1 Pergunta 1: O desempenho motor é diferente entre os espaços de ação?	54
4.1.2 Relação entre velocidade e exatidão:.....	58
4.1.3 Pergunta 2: O desempenho motor é afetado pela ausência de informação visual?	59
4.2 EXPERIMENTO 2: TAREFA COM O TAMANHO DOS ALVOS VARIANDO	65
4.2.1 Pergunta 1: O desempenho motor é diferente entre os espaços de ação?	65
4.2.2 Relação entre velocidade e exatidão:.....	69
4.2.3 Pergunta 2: O desempenho motor é afetado pela ausência de informação visual?	70
5 DISCUSSÃO	75
5.1) ESPAÇO DE AÇÃO SUPERIOR X INFERIOR	75
5.2) OLHOS ABERTOS X FECHADOS - O PAPEL DA RETROALIMENTAÇÃO VISUAL	82
5.3) RELAÇÃO ENTRE VELOCIDADE E EXATIDÃO (LEI DE FITTS)	84
6 CONCLUSÕES.....	86
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
ANEXO 01	91
ANEXO 02.....	92
ANEXO 03.....	93
ANEXO 04.....	94
ANEXO 05.....	101
ANEXO 06.....	105

1 INTRODUÇÃO

1.1. PROCESSAMENTO VISUAL A PARTIR DA RETINA

O processamento da informação visual se inicia na retina. A resultante dessa etapa inicial de processamento é enviada aos centros superiores por intermédio de células retinianas denominadas ganglionares (Kandel et al., 2004). Existem dois tipos principais de células ganglionares na retina de primatas: as células ganglionares maiores, do tipo M (magno = grande em latim) e as células ganglionares menores, do tipo P (parvo = pequeno em latim). As células M são particularmente importantes para a detecção de movimento de estímulos enquanto que as células P são mais sensíveis à forma dos estímulos e a detalhes finos (Bear et al., 2002).

As duas maiores vias que partem da retina para os núcleos retinorecipientes dos mamíferos são a retinotectal e a retinogeniculada. A projeção retinotectal é filogeneticamente mais antiga, mais proeminente em vertebrados não primatas e vai da retina até o colículo superior no mesencéfalo, que por sua vez envia projeções para o tronco cerebral, tálamo e para o córtex cerebral. Está principalmente relacionada ao controle dos movimentos sacádicos dos olhos e da posição da cabeça. A projeção retinogeniculada inerva a parte dorsal do núcleo geniculado lateral do tálamo, é mais proeminente nos primatas e está conectada diretamente ao córtex visual primário (revisão em Milner e Goodale, 1995).

Segundo Schneider, (1969 apud Milner e Goodale, 1995) em seu modelo dos “dois sistemas visuais”, a projeção da retina ao colículo superior permitiria ao organismo localizar estímulos no espaço visual (localizando “onde” o objeto está), enquanto que o

sistema genículo-estriado permitiria que estes fossem identificados (identificando “o quê” o objeto é).

Ungerleider e Mishkin propuseram em 1982 que conexões cortico-corticais originadas na área estriada seriam mediadoras de ambos os tipos de visão, com dois sistemas corticais divergentes substituindo a dicotomia retinotectal e retinogeniculada. Para esses autores, a apreciação das qualidades de um objeto e sua localização espacial dependeriam do processamento de diferentes tipos de informações visuais, que progrediriam ventralmente para o córtex temporal inferior e dorsalmente para o parietal posterior, respectivamente.

Existe ainda um menor contingente de fibras oriundas do colículo superior que se direciona para um núcleo do grupo posterior do tálamo, o núcleo pulvinar, que se comunica de forma separada com as vias ventral e dorsal (revisão em Milner e Goodale, 1995). A figura 01 representa um diagrama esquemático dos principais acessos por onde os estímulos captados pela retina alcançam as vias dorsal e ventral em primatas.

A via de projeção dorsal, apesar de originar-se principalmente de células M, também possui um contingente pequeno, porém significativo de informações oriundas de células P. A via ventral por sua vez é mista, recebendo informações de ambos os tipos de células ganglionares (Milner e Goodale, 1995).

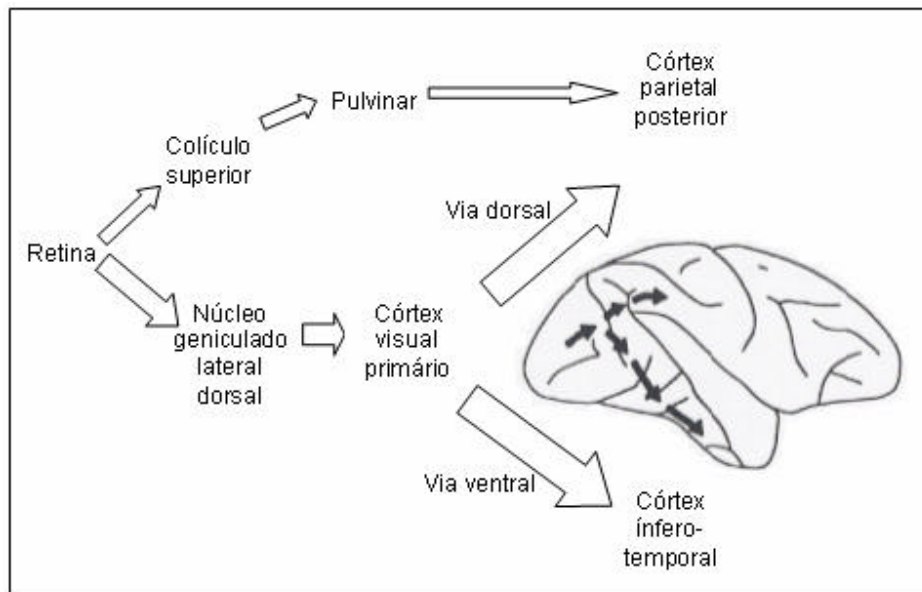


Figura 01: Principais acessos por onde os estímulos captados pela retina alcançam as vias dorsal e ventral em primatas (modificada a partir de Milner e Goodale, 1995).

De um modo geral, as células ganglionares da retina são mais densamente empacotadas na região da fóvea (Kandel et al., 2004). Em humanos, mostrou-se que a densidade de células ganglionares é muito maior na fóvea do que na periferia da retina (Crucio e Allen, 1990). Apesar da fóvea corresponder a apenas aproximadamente dois graus da visão central, muito mais tecido neural é dedicado ao processamento de estímulos presentes no centro do campo visual em relação a sua periferia. Este fenômeno é denominado de fator de magnificação da visão central (revisão em Brown et al., 2005). Van Essen et al. (1984) mostraram que a área de superfície da retina não está igualmente representada no núcleo geniculado lateral nem no córtex visual primário, onde o fator de magnificação cortical da visão central é inversamente proporcional à excentricidade do campo visual. A magnificação da região da fóvea, como ilustrada na figura 02, é evidente na via ventral, mas não se expressa tão

claramente na via dorsal (Brown et al., 2005). A via visual ventral representaria primariamente a fóvea do campo visual, de acordo com seu papel crucial na percepção e reconhecimento de objetos e cenas. Em contraste, a via visual dorsal teria uma representação mais completa do campo visual, necessária para o controle visual eficiente de comportamentos executados tanto no centro como na periferia do campo visual (revisão em Milner e Goodale 1992,1995).

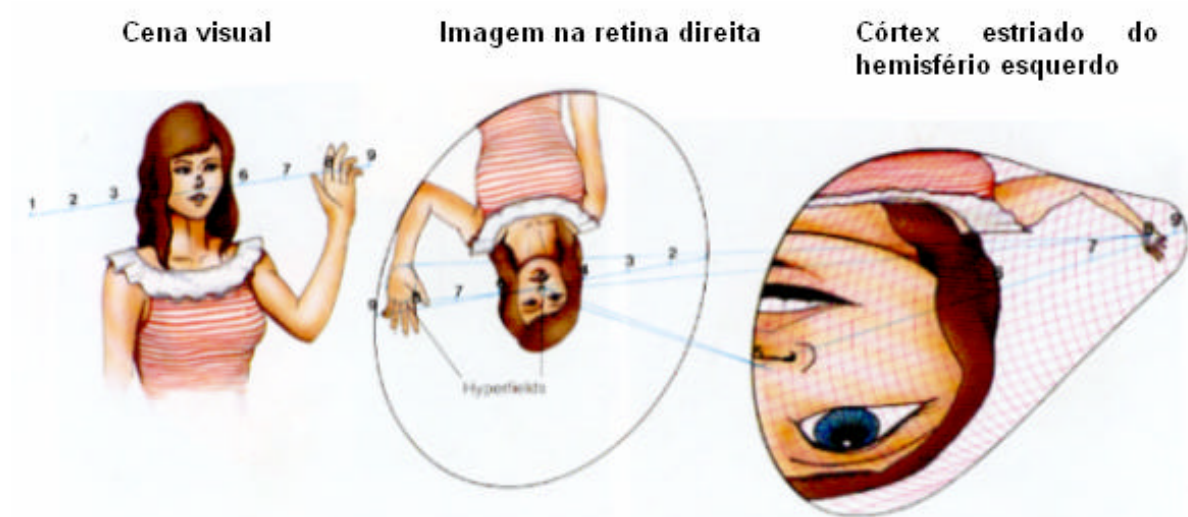


Figura 02: Representação esquemática de como a cena captada pela retina é apresentada no córtex visual primário, onde muito mais tecido neural é devotado ao processamento da visão central (modificado de Frisby, J.P., 1980).

1.1.1 DIFERENÇAS NA REPRESENTAÇÃO DO CAMPO VISUAL SUPERIOR E INFERIOR

Estudos anatômicos, fisiológicos e comportamentais indicam que o processamento dos estímulos oriundos do campo visual inferior é privilegiado. Em primatas, inclusive humanos, a hemi-retina superior possui uma maior densidade de células ganglionares do que a hemi-retina inferior em excentricidades superiores a 4 mm a partir da fóvea, e essa assimetria também está presente na periferia da retina, onde a 4 mm da ora serrata existe 60% mais células ganglionares na hemi-retina superior (Curcio e Allen, 1990), (figura 03).

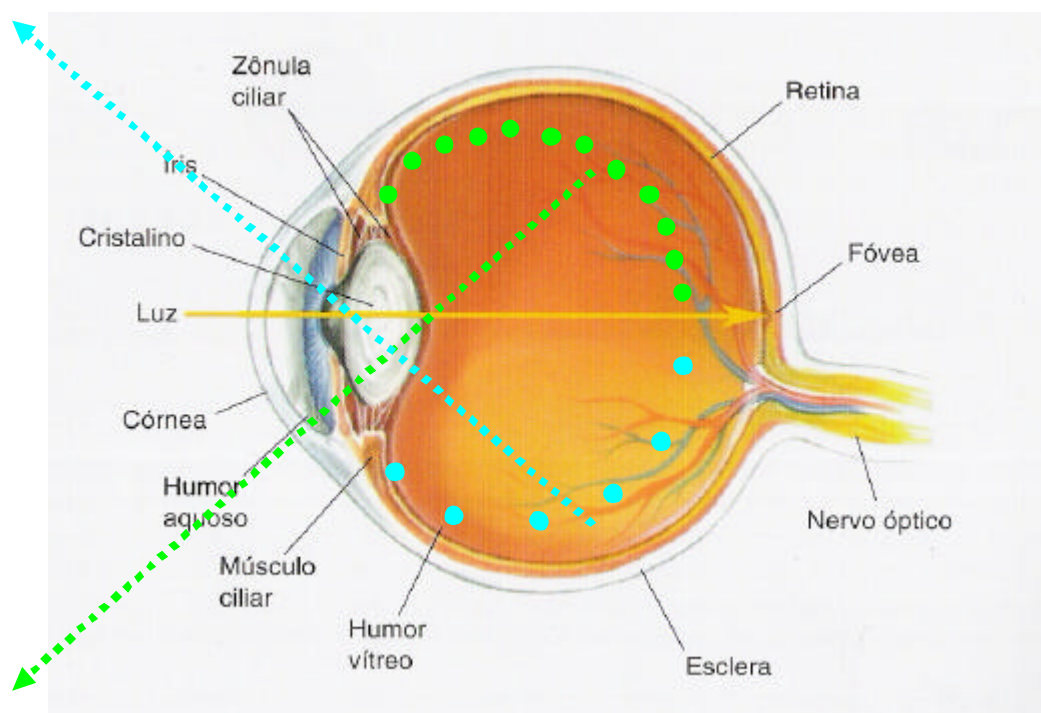


Figura 03: Esquema ilustrativo de um corte sagital do globo ocular. Círculos verdes: células ganglionares da hemi-retina superior; círculos azuis: células ganglionares da hemi-retina inferior. A hemi-retina superior possui maior quantidade de células ganglionares e processa as informações oriundas do campo visual inferior, enquanto que a hemi-retina inferior possui menor quantidade de células ganglionares e processa as informações oriundas do campo visual superior (Adaptada a partir de Bear, Connors e Paradiso, 2002).

Galletti et al. (1999) demonstraram que as células da hemi-retina superior projetam-se mais fortemente para a via dorsal do que para a ventral. Além disto, devido à maior quantidade de células ganglionares na hemi-retina superior, a redução do número de células ganglionares à medida que aumenta a excentricidade é menos dramática em relação ao que ocorre na hemirretina inferior (Brown et al., 2005). Portanto, enquanto a via ventral codifica principalmente a visão central, a via dorsal codifica o campo visual de forma mais abrangente, sugerindo que a localização do estímulo, se no campo visual superior ou no campo visual inferior, deva ser considerada quando se avalia o efeito da excentricidade (Brown et al., 2005). Ou seja, Van Essen et al. (1984) demonstraram no córtex visual primário de primatas que a área devotada ao campo visual inferior era maior em relação ao campo visual superior. Estudos em seres humanos também demonstraram que o campo visual inferior parece ter um processamento privilegiado. Através do registro de respostas magnetoencefalográficas a estimulações com tabuleiros de padrão xadrez preto e branco apresentados nos diferentes quadrantes visuais, mostrou-se que a ativação do córtex visual primário e secundário em humanos a pequenas excentricidades foi duas vezes mais forte para estímulos no campo inferior em relação ao superior (Portin et al., 1999). Utilizando estímulos semelhantes, Chen et al. (2004) demonstraram através de imageamento por ressonância magnética funcional (IRMf) que a área devotada ao campo visual inferior no córtex visual primário foi mais ativa durante a exposição aos estímulos do que a do campo visual superior. Estudos utilizando tarefas visuomotoras de apontamento manual (Danckert e Goodale, 2000, 2001; Binsted e Heath, 2004; Khan e Lawrence, 2005 e Krigolson e Heath, 2006) também demonstraram o benefício do campo visual inferior no controle das ações. Também nesta direção, Brown et al. (2005)

demonstraram que estímulos periféricos são processados diferentemente para a percepção e para a ação, e que o campo visual inferior é especializado para o controle da precisão manual.

Além do favorecimento para o controle das ações, o privilégio do campo visual inferior tem sido relatado em estudos envolvendo a atenção (He et al., 1996) e a percepção visual (Carlsen et al., 2007).

Intriligator et al. (1996) demonstraram que a atenção visual opera de forma mais eficiente no campo visual inferior, tanto para a detecção da orientação de estímulos quanto para a seleção de estímulos em movimento.

Carlsen et al. (2007) demonstraram que o campo visual inferior possui vantagem perceptual em relação ao campo visual superior. Nesse estudo, os sujeitos deveriam detectar a diferença entre o componente vertical de um estímulo em forma de “pi”, que era apresentado no campo visual central, no campo visual superior e no campo visual inferior. O percentual de acertos foi maior e o tempo de inspeção da tarefa foi menor para os estímulos apresentados no campo visual inferior.

Previc (1990, 1998) propôs uma divisão do campo visual dos humanos em espaço peripessoal (imediatamente ao redor da pessoa), correspondendo ao campo visual inferior, onde seriam realizadas ações como o alcance e a manipulação de objetos, e espaço extra-pessoal (localizado a uma maior distância da pessoa), correspondendo ao campo visual superior, com a função de localização e reconhecimento de objetos e faces, navegação, orientação espacial e gravitacional. Também relacionou esses conceitos com a divisão neuroanatômica dorsal e ventral das vias visuais centrais. O sistema visual dorsal processaria as informações dadas pelo espaço peripessoal, enquanto que o sistema visual ventral estaria relacionado ao

campo visual superior e ao espaço extrapessoal. Segundo ele, esta relação representaria a característica ecológica mais fundamental de nosso mundo tridimensional, estabelecida quando os mamíferos elevaram o foco de visão do solo para longe. Nos primatas de postura ereta, os olhos alcançaram posição elevada em relação aos membros superiores usados para alcançar e agarrar.

Os estudos de Previc (1990, 1998) têm servido como fonte de inspiração para muitos pesquisadores. Galletti et al. (1999) registraram neurônios isolados na parede anterior do sulco parieto-occipital de primatas executando uma tarefa de fixação visual. Os resultados deste trabalho revelaram que as áreas V6 e V6a, engajadas na coordenação olho-mão durante os movimentos de alcance com o membro superior no espaço próximo ao corpo, teriam ênfase nas representações periféricas principalmente relacionadas ao campo visual inferior. Graziano et al. (2004), através de um estudo do comportamento de macacos em suas gaiolas, demonstraram que a distribuição da localização da mão no espaço não era uniforme. A presença da mão seria mais freqüente no espaço central em frente ao peito e a boca (onde os objetos pegos eram trazidos e manipulados) e no espaço inferior em frente e na lateral do corpo.

O conceito dos espaços de ação tem sido aplicado também no estudo de pacientes com lesão cerebral. Halligan e Marshall (1991) demonstraram pioneiramente evidências da distinção entre o espaço de alcance e o espaço a distância num paciente com hemiplegia à esquerda, através de uma tarefa visuo-espacial de bissecção de linhas em ambos os espaços. A área de lesão do hemisfério cerebral direito do paciente incluía o córtex parietal posterior e, em menor escala, os córtices parietais superior e médio. A lesão também incluía o córtex temporal lateral e médio, o córtex frontal lateral inferior, além de lesão no pedúnculo cerebral, ponte e cápsula interna. Os resultados

demonstraram que uma negligência espacial severa à esquerda no espaço peripessoal pode coexistir com nenhuma ou quase nenhuma negligência no espaço extrapessoal.

1.2 O CONTROLE DOS MOVIMENTOS E O PAPEL DA RETROALIMENTAÇÃO VISUAL

A visão é uma das modalidades sensoriais fundamentais para o controle da ação. Desde os trabalhos pioneiros de Sakata et al. (1995) (para revisão, ver Milner e Goodale, 1995 e Jeannerod et al., 1997), o papel da visão no ato de agarrar não é somente ativar os esquemas apropriados e especificar a composição virtual dos dedos, mas também determinar a posição relativa da mão e do objeto a ser pego.

Hoje se sabe que a informação visual tem um papel significativo na execução dos movimentos de alcance. Não apenas o membro é direcionado à posição espacial correta, mas a postura da mão reflete o tamanho, a forma e a orientação do objeto (revisão em Milner e Goodale, 1995). Além disso, a regulação dos movimentos dos dedos é coordenada com o movimento do membro superior, para assegurar que a forma da mão esteja na configuração correta para fazer contato com o objeto (Connolly e Goodale, 1999).

Se o controle dos movimentos depende crucialmente da visão, como a programação e a execução das ações são afetadas pela ausência de visão?

O psicólogo Robert Woodworth foi um dos pioneiros no estudo relacionando ausência de informação visual com tempo de reação e exatidão dos movimentos.

Segundo Woodworth (1889) apud Desmurget e Grafton (2003), movimentos lentos seriam mais precisos do que os rápidos. No primeiro caso, as informações de

retroalimentação visual poderiam corrigir a trajetória. Além disso, Woodworth sugeriu que a acurácia dos movimentos seria afetada pela velocidade da mão apenas quando a visão do movimento era permitida, ou seja, esse efeito não ocorria quando era pedido aos sujeitos que fizessem apontamentos com os olhos fechados. Ele concluiu que a interação entre velocidade e exatidão observada na presença de retroalimentação visual poderia ser explicada pela habilidade dos sujeitos em controlar seus movimentos visualmente quando a velocidade da mão estivesse abaixo de um certo limiar crítico, desaparecendo acima deste limiar. No último caso, o voluntário teria de confiar apenas em seu primeiro impulso.

Prablanc et al. (1986) realizaram um estudo para verificar o papel da informação sobre a posição do alvo na correção da trajetória da mão, quando a visão da mão não estava disponível. Para isso, a duração da apresentação do alvo foi sistematicamente variada por blocos de tentativas. Os resultados mostraram que os movimentos de apontar foram cerca de três vezes mais acurados quando o alvo estava presente durante todo o movimento, do que quando o alvo desaparecia logo após o início do movimento da mão, indicando que os apontamentos feitos sem a visão do membro superior não são puramente pré-programados, mas também corrigidos durante sua execução, através da comparação da informação visual com as aferências cinestésicas do membro superior e e/ou cópia eferente¹ do movimento.

Além disso, a constante de erro dos dados (média dos apontamentos em relação

¹ Cópia eferente: a cada vez que os centros motores enviam um comando a um efetor para produzir um movimento, eles também enviam uma cópia desse comando (cópia eferente) a alguns outros centros (Von Holst e Mittelsteadt, 1950 apud Jeannerod, 1997), estruturas sensoriais e motoras que fazem os ajustes da percepção e os ajustes posturais necessários para aquele movimento.
Disponível em: <http://www.cerebromente.org.br/n10/mente/pensamento1.htm>. Acesso em: (11 de dezembro de 2007).

ao alvo) tendeu a aumentar em função da posição do alvo na condição em que o alvo situava-se inteiramente na visão periférica, sugerindo que este parâmetro possa ser proporcional à acuidade da retina, decrescendo conforme o aumento na excentricidade do alvo.

Hoje se preconiza que as informações proprioceptivas, táteis e visuais constantemente nos atualizam sobre o meio em que estamos executando um movimento, para que este possa ocorrer de forma correta. Além disso, possuímos as alças internas de retroalimentação (proprioceptivas, táteis e visuais), auxiliando em nossa representação interna do espaço. Quando os olhos estão fechados, a alça de retroalimentação visual ainda fica disponível, na forma de memória visual (Desmurget e Grafton, 2003).

1.2.1 RELAÇÃO ENTRE VELOCIDADE E EXATIDÃO

Em 1954, Paul M. Fitts descreveu a relação entre velocidade e exatidão através de uma lei cinemática que ficou conhecida como lei de Fitts. Fitts (1954) demonstrou essa relação através de três tarefas diferentes: a primeira consistia em realizar uma série de apontamentos manuais entre duas lâminas metálicas, alternando a largura das lâminas e a distância em que se encontravam uma das outras. A segunda tarefa consistia no transporte de discos de um pino a outro, variando a relação do diâmetro do furo do disco e do pino de encaixe. A terceira tarefa consistia na transferência de pinos encaixados numa barra para outra com os furos livres, variando a relação do diâmetro do pino e do furo de encaixe (figura 04).

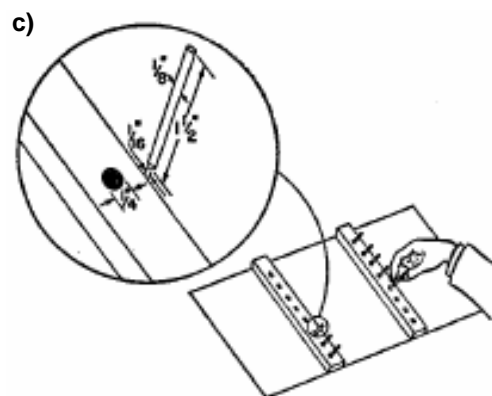
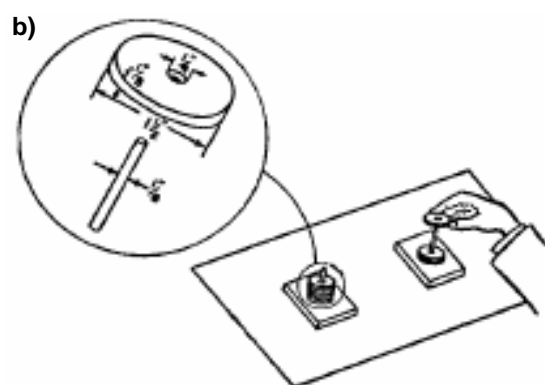
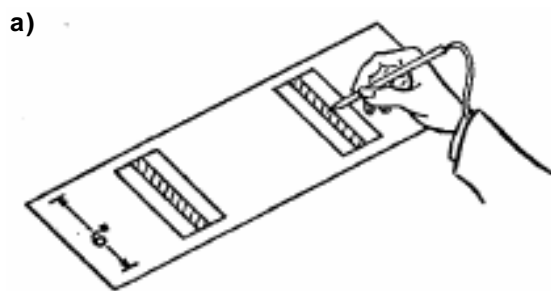


Figura 04: Tarefas utilizadas no experimento de Fitts (1954): **a)** série de apontamentos manuais entre duas lâminas metálicas; **b)** transporte de discos de um pino a outro e **c)** transferência de pinos encaixados numa barra para outra com os furos livres.

Fitts (1954) estabeleceu uma relação entre a amplitude (A) do movimento - distância entre o ponto de partida e o centro dos alvos -, a largura (L) dos alvos - distância entre as linhas que delimitam os alvos - e o tempo de movimento (TM) médio resultante - intervalo de tempo entre o início de uma resposta de movimento até este ser completado - através da seguinte equação: $TM = a + b \times \log_2(2 \times A/L)$, que tem a forma de uma equação linear ($y = a + bx$), onde “y” é o tempo de movimento médio, “x” é $\log_2(2 \times A/L)$ e “a” e “b” são constantes empíricas. A constante “a” é o intercepto, o valor do TM onde a linha cruza o eixo Y. A constante “b” é a inclinação da reta. A inclinação é o TM adicional causado pelo aumento do índice de dificuldade $ID = \log_2(2 \times A/L)$. O índice de dificuldade proposto por Fitts (1954) refere-se à quantidade mínima de informação necessária para realizar cada movimento.

Prablanc et al. (1979) demonstraram através de uma tarefa de apontamento manual que a lei de Fitts estava presente mesmo sem a visão da mão durante o movimento. Através de um paradigma em que a visão do próprio membro superior em movimento era impedida, sendo permitida apenas a visão da parte final do movimento, ou seja, o toque no alvo, os autores demonstraram que os sujeitos podem modificar seus movimentos em direção ao alvo de forma eficiente até mesmo sem a visão dos seus movimentos, utilizando um mecanismo de comparação da informação visual da posição do alvo e da informação extra-visual sobre o posicionamento da mão.

Georgopoulos e Massey (1987) realizaram um experimento no qual os sujeitos eram instruídos a mover uma alavanca articulada até um alvo visual que seria apresentado em diferentes posições, gerando diferentes ângulos de movimentação para a alavanca. Quanto maior o ângulo, maior o índice de dificuldade da tarefa e maior

o tempo de reação para iniciar os movimentos, demonstrando que a lei de Fitts poderia ser aplicada ao modelo de rotação mental.

Sirigu et al. (1995) argumentaram que se a imagética motora seria o processo de ensaiar mentalmente um ato motor sem de fato executá-lo, lesões em estruturas cerebrais relacionadas ao programa motor deveriam afetar a tanto o desempenho motor quanto a capacidade de imaginar os movimentos. Para testar essa hipótese, um paciente com lesão focal na área motora do hemisfério cerebral direito realizou, dentre outras, uma tarefa de apontamento manual de um ponto de partida para alvos quadrados de diferentes larguras (1.25, 2.5, 5, 10 e 20 mm), nas condições de execução e imaginação. Na condição imaginação, o sujeito deveria dizer quando iniciava e terminava a execução mental dos movimentos. O tempo de execução e imaginação foram cronometrados pelo experimentador. A lei de Fitts foi demonstrada tanto para a execução quanto para a imaginação dos movimentos com ambas as mãos e a capacidade de imaginar e executar movimentos com a mão comprometida demonstrou estar prejudicada da mesma maneira.

Em 1996, Sirigu et al. demonstraram através da tarefa de apontamento manual descrita em 1995, que pacientes com lesão no córtex parietal apresentavam incapacidade de imaginar movimentos de forma correta com a mão comprometida, embora realizassem corretamente o movimento de apontamento, sugerindo que o córtex parietal seja importante para a habilidade de gerar representações mentais de movimentos.

Cerritelli et al. (2000) utilizaram uma tarefa de apontamento manual para alvos quadrados com 1.9, 3, 4.4, 5.3, 7.5, 10.6, 14.9, 18.9, 23.4 e 28 mm, durante a execução

e a imaginação de movimentos. Instruíram aos sujeitos que segurassem uma caneta que, ora estaria com um peso de 2kg acoplado, ora não, criando assim as condições com e sem carga. A relação entre velocidade e exatidão foi mantida durante a execução e a imaginação dos movimentos com e sem carga, porém, o tempo reação foi maior para os movimentos imaginados com carga. Os sujeitos interpretariam o aumento de força como aumento no tempo necessário para executar a tarefa mentalmente.

Grosjean et al. (2007) questionaram se a lei de Fitts seria evidenciada para a percepção de movimentos de outros. Para isso, utilizaram em seu paradigma a apresentação de pares de fotografias de uma pessoa realizando uma tarefa de apontamento manual para alvos de diferentes larguras e distâncias. Na primeira foto apresentada ao sujeito, a pessoa estava com o dedo indicador da mão direita no ponto de partida, e na segunda foto, na chegada. Os autores manipularam então o intervalo em que a segunda foto apareceria, modulando a velocidade de tal forma que o intervalo fosse igual, mais rápido ou mais lento que o tempo de movimento para executar a tarefa. Os sujeitos deveriam responder, apertando um botão, se seria possível ou impossível completar o apontamento no intervalo de tempo apresentado. Questionaram ainda se a lei de Fitts estaria restrita à observação de partes do corpo de humanos. Utilizaram então fotos de um robô executando a tarefa. Concluíram que a lei de Fitts é um princípio motor que se mantém na imaginação e na percepção de agentes biológicos e não biológicos.

Os resultados dos diversos estudos demonstram que o estudo da relação entre velocidade e exatidão é um meio útil para se pesquisar as diversas nuances do comportamento motor.

1.3 O ESTUDO DA RELAÇÃO ENTRE VELOCIDADE E EXATIDÃO COMO FORMA DE EVIDENCIAR POSSÍVEIS DIFERENÇAS ENTRE OS CAMPOS VISUAIS SUPERIOR E INFERIOR

Danckert e Goodale (2001), pesquisaram a relação entre velocidade e exatidão nos campos visuais superior e inferior. Para isso, utilizaram uma tarefa de apontamento manual para alvos quadrados com cinco larguras diferentes (1.9, 3.7, 7.5, 14.9 e 30 mm), expressando índices de dificuldade diferentes (1.5, 1.2, 0.9, 0.6 e 0.3, respectivamente), em que o sujeito deveria realizar uma série de cinco apontamentos de ida e volta, do ponto de partida até o alvo, o mais rápido e preciso possível (figura 05 a). Para manipular o campo visual sem alterar a biomecânica do movimento do membro superior, utilizaram pontos de fixação. Se o sujeito mantivesse os olhos fixos no ponto de fixação superior, o movimento iria acontecer no campo visual inferior e vice-versa. Eles encontraram que a relação entre velocidade e exatidão era mantida apenas nos apontamentos feitos no campo visual inferior (figura 05 b), e, observando o deslocamento radial (que corresponde ao quanto o sujeito se afastou do centro do alvo), os apontamentos feitos no campo visual inferior eram menos dispersos do que os do campo visual superior, exceto para o menor alvo, onde não havia diferença entre os campos (figura 05 c).

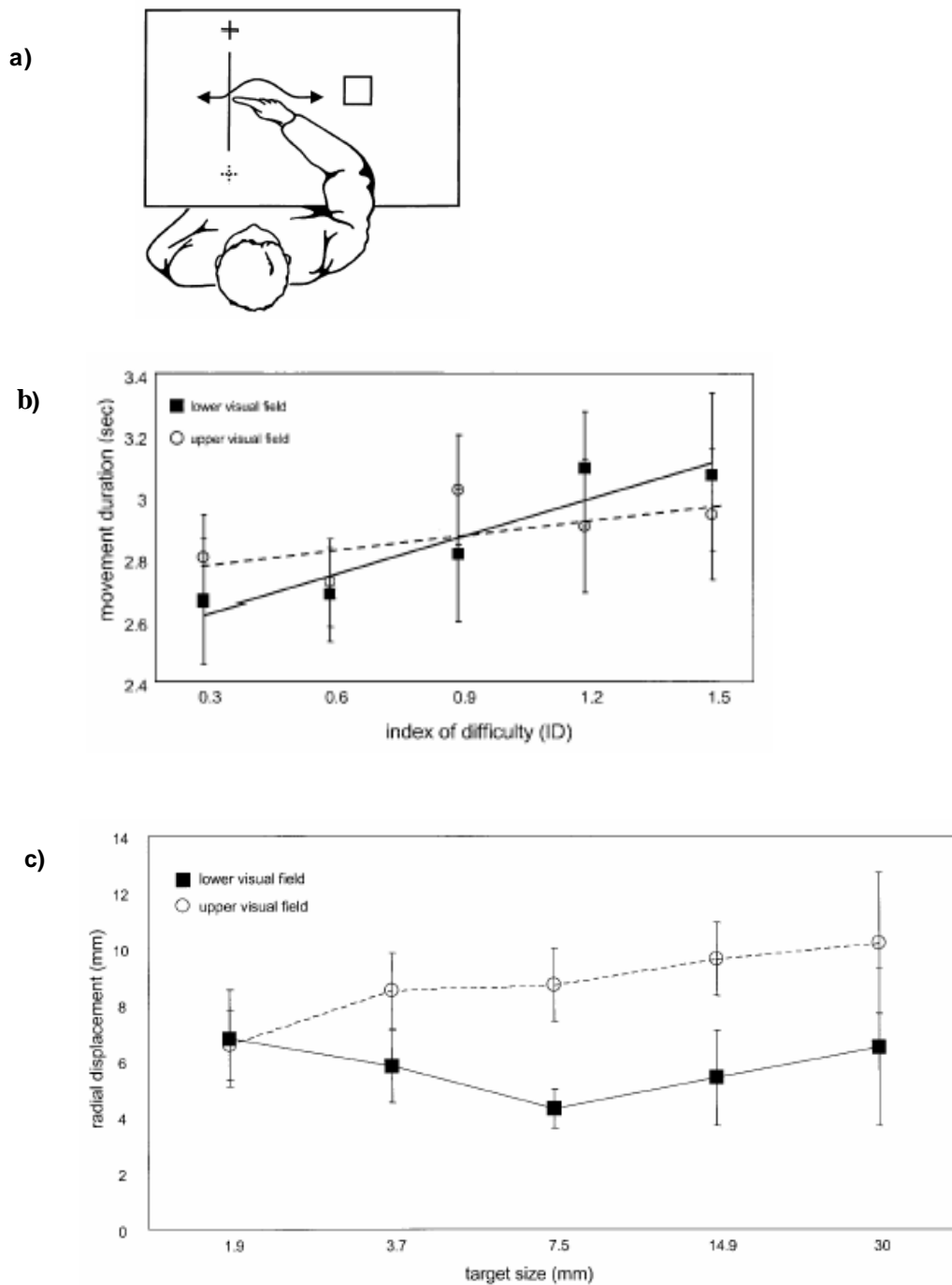
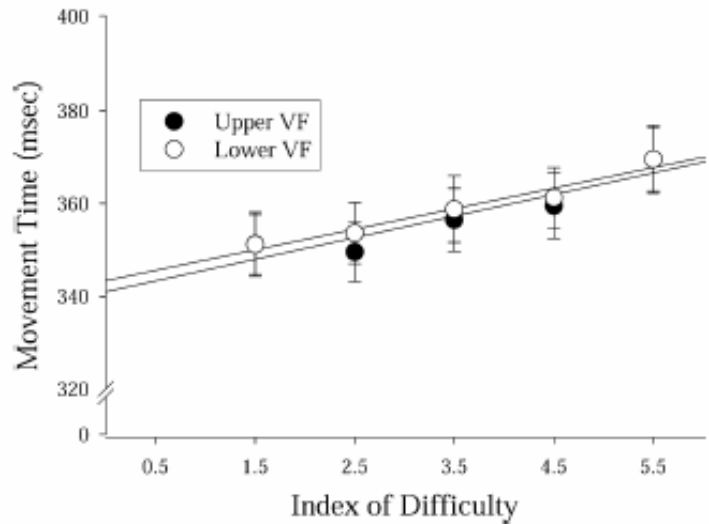


Figura 05: Disposição dos estímulos e resultados do experimento de Danckert e Goodale (2001). (a) Disposição dos estímulos utilizados no experimento; (b) média do tempo de movimento X índice de dificuldade: a relação entre velocidade e exatidão está presente para os apontamentos feitos no campo visual inferior; (c) média do deslocamento radial X cinco alvos: os apontamentos feitos no campo visual inferior são menos dispersos do que os do campo visual superior, exceto para o menor alvo, onde não há diferença entre os campos (retirado de Danckert e Goodale, 2001).

Utilizando a mesma tarefa empregada em 2001, porém pedindo para que os sujeitos apenas imaginassem estar realizando os apontamentos manuais, Danckert e Goodale (2000) demonstraram que a relação entre velocidade e exatidão também era mais eficiente no campo visual inferior durante a imagética motora.

Binsted e Heath (2004), também pesquisaram as possíveis diferenças no desempenho visuo-motor entre os campos visuais superior e inferior. Porém criticaram os índices de dificuldade utilizados por Danckert e Goodale (2001). Para eles, os índices de dificuldade eram muito baixos, não sendo ideais para demonstrar a relação entre velocidade e exatidão. Propuseram ainda que um paradigma de apontamentos discretos seria melhor para observar o planejamento motor. Utilizando um paradigma um pouco diferente, aumentaram os índice de dificuldade da tarefa aumentando a distância em que os alvos circulares estariam dispostos. Transpuseram os pontos de fixação superior e inferior para cima e para baixo dos alvos, respectivamente, no intuito de evitar qualquer influência da visão periférica. Incluíram em seu paradigma uma manipulação visual, na qual era ou não permitida a visão do alvo durante o movimento. Como resultado, encontraram que a lei de Fitts estava presente em ambos os campos visuais (figura 06 a). Observando a dispersão dos apontamentos, a variabilidade de erro no campo visual superior era maior na condição em que a visão do alvo não era permitida durante o movimento, enquanto que os apontamentos feitos no campo visual inferior não apresentavam diferença em relação à condição em que a visão do alvo era permitida durante o movimento (figura 06 b). Eles concluíram que esse benefício do campo visual inferior seria em função de um melhor planejamento motor.

a)



b)

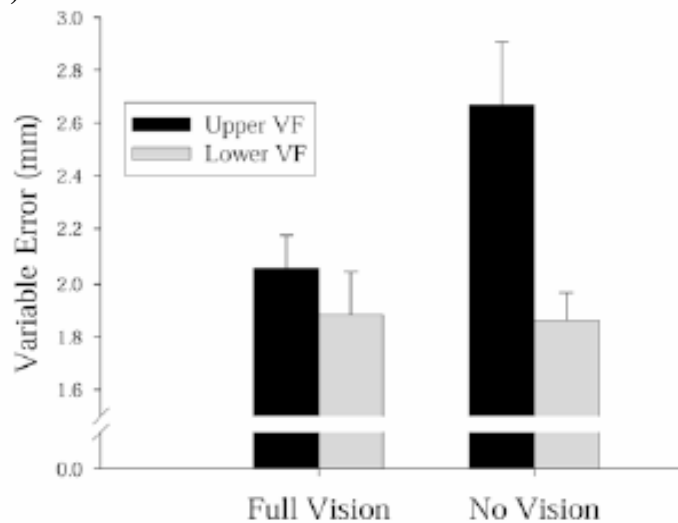


Figura 06: Resultados do experimento de Binsted e Heath (2004). **(a)** Média do tempo de movimento X índice de dificuldade: a relação entre velocidade e exatidão está presente para os apontamentos feitos em ambos os campos visuais; **(b)** média da variabilidade de erro em função da condição visual e do campo visual: a variabilidade de erro no campo visual superior é maior na condição em que a visão do alvo não é permitida durante o movimento (retirado de Binsted e Heath 2004).

Khan e Lawrence (2005) seguiram pesquisando as possíveis diferenças no desempenho visuo-motor entre os campos visuais superior e inferior, porém observando a variabilidade das distâncias percorridas até diferentes marcadores cinemáticos (pico de aceleração, pico de velocidade, pico de desaceleração e posição final do toque no alvo). Intrigava-os o fato de Danckert e Goodale (2001) não terem encontrado diferença no deslocamento radial para o menor alvo. Segundo Khan e Lawrence (2005), justamente nessa situação de maior dificuldade, qualquer benefício do campo visual inferior em relação ao superior deveria ser demonstrado. O paradigma utilizado focou essa situação, através de apontamentos discretos onde não mais a velocidade era requerida e sim a precisão. Como resultado, a diferença entre os campos visuais foi evidenciada nos estágios finais do movimento, ou seja, no pico de desaceleração e na posição final do toque no alvo. A variabilidade das distâncias percorridas até esses marcadores cinemáticos foi menor nos apontamentos feitos no campo visual inferior, fato que atribuíram à vantagem do campo visual inferior em processar melhor as informações visuais disponíveis, utilizando-as para fazer mais correções (figura 07).

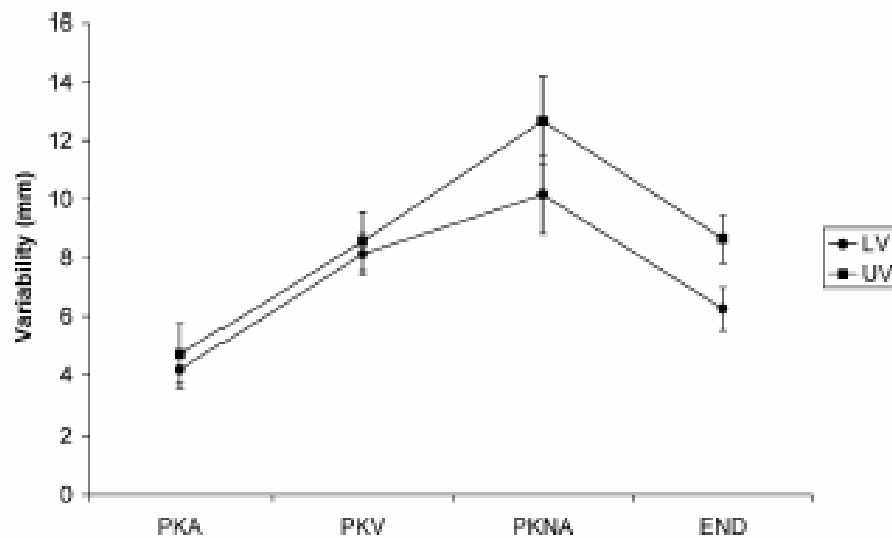


Figura 07: Resultados do experimento de Khan e Lawrence (2005). Variabilidade da distância percorrida até diferentes marcadores cinemáticos: pico de aceleração (PKA), pico de velocidade (PKV), pico de desaceleração (PKNA) e ponto final (END), para o campo visual inferior (LV) e superior (UV) (retirado de Khan e Lawrence 2005).

Krigolson e Heath (2006) perguntaram se a assimetria entre os campos visuais seria evidente durante a execução dos movimentos. Utilizaram uma tarefa de apontamento manual discreto para um alvo em três posições diferentes no plano transversal (35 cm, 38 cm e 41 cm do ponto de partida que se situava à esquerda, a 16 cm da linha média do sujeito). O campo visual era manipulado através da utilização de pontos de fixação alinhados com o alvo. O paradigma experimental tinha duas condições: a condição controle, na qual o alvo aparecia e permanecia na mesma posição e a condição de perturbação do alvo, na qual a posição do alvo (inicialmente central) era inesperadamente perturbada, criando a necessidade de modificar a trajetória do movimento originalmente planejada. A diferença entre os campos visuais

foi evidenciada pela distribuição espacial dos pontos finais, sendo menor no campo visual inferior. Os benefícios espaciais do campo visual inferior influenciam a efetividade da correção do membro superior. Nenhum dos marcadores cinemáticos iniciais ou finais, bem como a medida de acurácia do ponto final (constante de erro) evidenciou diferença entre os campos visuais.

A tabela 01 contém um resumo dos parâmetros e dos resultados obtidos por esses autores.

Autores	Parâmetros	Resultados
Danckert e Goodale (2000)	Tempo de movimento real e imaginário.	Relação entre velocidade e exatidão observada para o campo visual inferior, durante imaginação execução.
Danckert e Goodale (2001)	Tempo de movimento, pico de velocidade e deslocamento radial.	Relação entre velocidade e exatidão observada para o campo visual inferior. Menor deslocamento radial no campo visual inferior, com exceção do menor alvo.
Binstead e Heath (2004)	Tempo de movimento, tempo de reação, constante de erro, erro variável, pico de velocidade, tempo após o pico de velocidade, posição final de toque no alvo.	Menor erro variável no campo visual inferior quando a visão do alvo não era permitida.
Khan e Lawrence (2005)	Variabilidade das distâncias até o pico de aceleração, o pico de velocidade, o pico de desaceleração e o ponto final de toque no alvo.	Menor variabilidade das distâncias percorridas até o pico de desaceleração e o ponto final de toque no alvo foi no campo visual inferior.
Krigolson e Heath (2006)	Tempo de movimento, pico de velocidade, tempo até o pico de velocidade, tempo após o pico de velocidade, constante de erro, erro variável, pico de aceleração, pico de desaceleração, variabilidade dos toques finais no alvo.	Menor erro variável no campo visual inferior com perturbação da posição do alvo.

Tabela 01: Resumo dos parâmetros e resultados que investigaram possíveis diferenças entre os movimentos de apontamento feitos no campo visual superior e inferior.

2 OBJETIVOS

Previc (1990, 1998) sugeriu que as imagens próximas ao corpo teriam um processamento privilegiado para o controle das ações. Neste estudo iremos verificar as possíveis diferenças existentes entre a porção superior e inferior do campo visual, as quais chamamos equivalentemente de espaço de ação superior e inferior, em duas tarefas de apontamento manual executadas no espaço peripessoal.

Segundo Danckert e Goodale (2003), muito pouca atenção é dada as possíveis diferenças no desempenho visuomotor entre os campos visuais superior e inferior em relação ao estudo entre as porções esquerda e direita do campo visual.

Tarefas de apontar de um ponto de partida até um alvo são comumente utilizadas para demonstrar a relação entre velocidade e exatidão (Woodworth, 1889; Fitts, 1954; Prablanc et al., 1979; Sirigu et al., 1995, 1996; Danckert e Goodale, 2000, 2001; Cerritelli et al., 2000; Binsted e Heath, 2004; Khan e Lawrence, 2005; Krigolson e Heath, 2006; Grosjean et al., 2007), porém, o que se observa na literatura é que não há um consenso entre as possíveis diferenças no desempenho visuomotor entre os campos visuais superior e inferior. Os paradigmas e os parâmetros analisados diferem bastante entre si e ainda não parece claro o papel que a retroalimentação visual exerce no controle motor do membro superior.

Portanto, esse trabalho tem como objetivo verificar as possíveis diferenças na representação do espaço de ação em condições visuais distintas.

Mais especificamente, pretendemos:

- 1) Testar se o desempenho motor é diferente entre os espaços de ação superior e inferior, em duas tarefas de apontamento;
- 2) Testar se o desempenho motor nessas tarefas é afetado pela ausência de retroalimentação visual (olhos abertos versus olhos fechados).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Voluntários

Participaram deste estudo 20 indivíduos do sexo masculino, destros (de acordo com o questionário de lateralidade de Edimburgo modificado de OLDFIELD, 1972), graduados ou graduandos, praticantes de atividade física regular (necessário para serem posteriormente comparados ao grupo de atletas deficientes visuais do Instituto Benjamin Constant), com idade entre 18 e 30 anos (média de $23,3 \pm 3,16$ anos), com visão normal ou corrigida apenas por lentes de contato devido à necessidade de apoiar o rosto no segurador de cabeça durante o experimento. Nenhum dos voluntários relatou distúrbios neurológicos e/ou ortopédicos. Três voluntários relataram fazer uso de Finasterida (para tratamento da calvície) e um voluntário relatou fazer uso de Isotretinoína (para tratamento da acne). Todos consentiram previamente em participar deste experimento.

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho (HUCFF) da UFRJ.

3.2 Instrumentação e aquisição dos dados

Para a realização da tarefa, os participantes sentavam-se confortavelmente em uma cadeira de massoterapia (modelo: Mex Compacta, da Mex Indústria e Comércio de Salto LTDA), na qual ficavam com a parte anterior do tronco e cabeça, bem como antebraços e a parte anterior da perna apoiados. O corpo dos sujeitos assumia uma

inclinação anterior de 45°. Em seguida, os sujeitos eram vendados previamente a apresentação de todos os objetos que faziam parte do experimento (no intuito de não oferecer nenhum benefício adicional para os videntes em relação ao grupo de deficientes visuais, que posteriormente seriam testados com o mesmo paradigma). Paralelamente e na frente dos sujeitos era disposta uma mesa com um tampo de vidro transparente. O tampo da mesa assumia uma inclinação de 45°, de forma a ficar em paralelo com o tronco do sujeito. A distância entre o centro dos olhos dos voluntários e o tampo de vidro era de 30 cm (figura 08). Em seguida, era apresentado ao sujeito um punção modificado. Tal instrumento é utilizado pelos deficientes visuais para escrever em Braille, e, como esse estudo é parte de um estudo maior que compreendeu também a avaliação de sujeitos portadores de deficiência visual, algumas adaptações foram feitas para atender as necessidades específicas de ambas as populações. Para o experimento, a ponta de metal foi alongada, permitindo empunhá-lo da forma que o sujeito vidente seguraria uma caneta. A extremidade recebeu um pequeno diodo emissor de luz (light emitting diode, LED) (figura 09), para a posterior análise cinemática do movimento.

À frente do sujeito, no tampo de vidro da mesa, eram fixadas as folhas de transparência que continham os alvos, os pontos de fixação e a linha de partida, feitos com esparadrapo micropore translúcido, contornados com caneta verde para maior destaque na condição olhos abertos (figura 10), para permitir seu reconhecimento tátil por parte dos sujeitos videntes com os olhos fechados e por parte dos sujeitos portadores de deficiência visual. A luz ambiente era diminuída e a tarefa era filmada por intermédio de uma câmera digital (Sony, modelo DCR-TRV250), localizada embaixo da

mesa, inclinada de forma perpendicular ao tampo de vidro. A câmera estava escondida atrás de um plano de cartolina preta. O foco da câmera estava voltado apenas para a mão dos sujeitos, que por sua vez haviam sido informados previamente da sua existência. Os deslocamentos do diodo emissor de luz durante os apontamentos eram captados pela câmera de vídeo (com capacidade de aquisição de 30 quadros por segundo) e armazenados no computador para posterior análise.

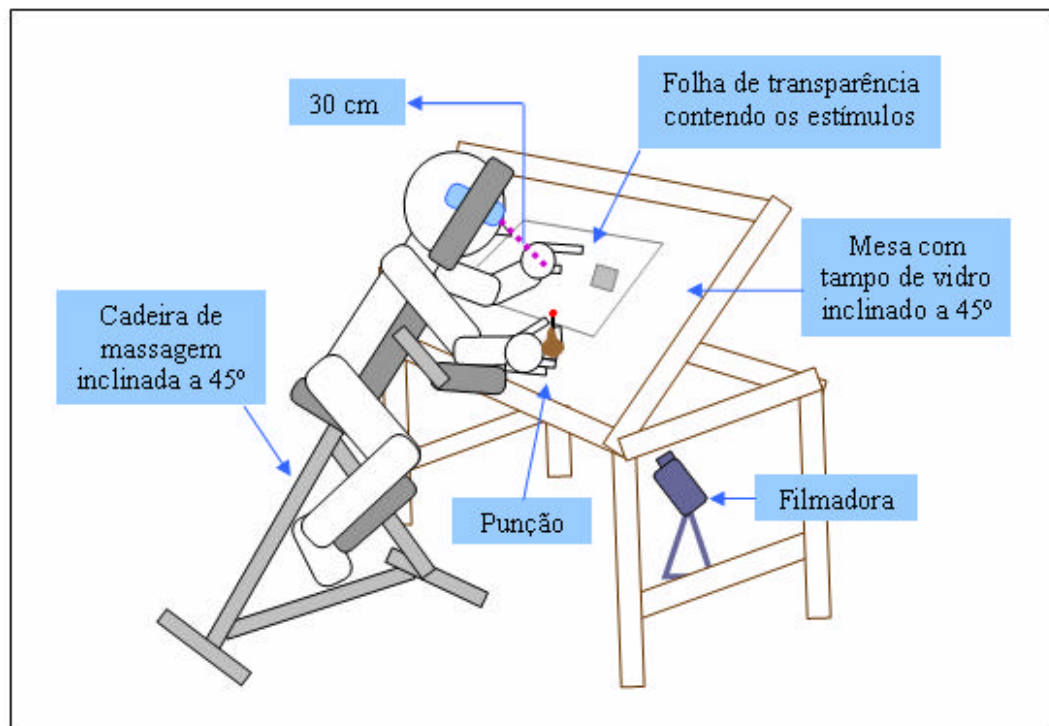


Figura 08: Representação esquemática do posicionamento do voluntário e dos componentes do experimento. O voluntário está sentado na cadeira de massagem com os olhos vendados, segurando o punção com a mão direita e a ponta do dedo indicador da mão esquerda em um dos pontos de fixação. A câmera embaixo da mesa filma, de forma perpendicular, os deslocamentos do ponto luminoso no espaço.



Figura 09: Punção modificado, com ponta alongada e diodo emissor de luz na extremidade. O diodo permite melhor identificação dos movimentos de apontamento.



Figura 10: Folha de transparência utilizada: (a) ponto de fixação superior, (b) ponto de fixação inferior, (c) linha de partida, (d) centro da linha de partida e (e) alvo.

O experimento consistia em duas tarefas de apontamento. Na primeira tarefa, o tamanho do alvo era fixo em 15 mm e a distância do ponto de partida até o centro do alvo era variável, de 3, 5,08 e 10,16 cm, equivalendo a 1,2; 2 e 4 polegadas respectivamente (figura 11 a), modificada a partir da tarefa descrita por Fitts (1954), expressando três índices de dificuldade diferentes: 0,6; 0,8 e 1,1, respectivamente. Os valores não foram totalmente lineares, porém se aproximaram muito de um formato

linear, garantindo que a dificuldade da tarefa fosse maior a cada distância. Na segunda tarefa, semelhante à descrita por Danckert e Goodale (2001), a distância do ponto de partida até o centro do alvo era fixa em 30 mm e os alvos consistiam de quadrados com 2, 4, 7,5; 15 e 30 mm de lado, expressando cinco índices de dificuldade diferentes: 1,5; 1,2; 0,9; 0,6 e 0,3, respectivamente (figura 11 b). O cálculo do ângulo visual apresentado pelos alvos foi feito como se os olhos estivessem focados num ponto médio entre os dois pontos de fixação (conforme Danckert e Goodale, 2001). A uma distância de 30 cm do tampo da mesa, na primeira tarefa, o centro do alvo se encontrava em três distâncias diferentes, a 5,7; 9,7 e 19,4 graus da linha média do sujeito, respectivamente. Portanto, para as duas distâncias mais próximas o alvo se encontrava na visão central e para a última distância o alvo se encontrava na visão periférica. Na segunda tarefa, o centro de todos os cinco alvos se encontrava a uma distância fixa de 30 mm, a 5,7 graus da linha média do sujeito.

A ordem de realização de cada bloco de tarefas variava entre os sujeitos. Dentro de cada tarefa, o tamanho do alvo ou a distância do centro do alvo até o ponto de partida também eram dispostos de forma aleatória, bem como a posição do ponto de fixação (superior ou inferior). A condição visual em que o voluntário realizaria a tarefa era fixa: o voluntário sempre realizava os apontamentos com os olhos vendados primeiro. Nas duas tarefas, o centro de cada alvo situava-se à direita de uma linha vertical de 8 cm de comprimento. Os pontos de fixação superior e inferior situavam-se a 4 cm acima e abaixo da linha vertical, respectivamente. A tarefa, modificada de Dankert e Goodale (2001), foi concebida de modo que os apontamentos fossem realizados ora no campo visual inferior, ora no campo superior, manipulando-se apenas a posição da

visada do voluntário. Além disso, as tarefas foram desenvolvidas para que fosse possível sua execução na ausência de informação visual, atendendo aos voluntários videntes (durante os apontamentos com os olhos fechados) e aos voluntários deficientes visuais. Desta forma, garantia-se que os voluntários realizassem os movimentos no que chamamos de equivalente da porção superior ou inferior do campo visual: o espaço de ação superior ou inferior. Assim, quando os olhos e a atenção do sujeito estavam fixos no ponto de fixação superior, os apontamentos eram feitos no espaço de ação inferior. Quando os olhos e a atenção do sujeito estavam fixos no ponto de fixação inferior, os apontamentos eram feitos no espaço de ação superior. Desta forma, manipulava-se os espaços de ação sem que a biomecânica dos movimentos do membro superior fosse alterada. Previamente ao início da tarefa, os sujeitos deveriam então se familiarizar com o formato e a textura dos alvos, da linha vertical e dos pontos de fixação, explorando com os dedos os seus contornos. A linha vertical era dividida ao meio por uma descontinuidade do esparadrapo que representava o ponto de partida. Essa descontinuidade era demonstrada ao sujeito.

Em seguida, um pequeno bloco de mármore de oito cm de comprimento era colocado rente à lateral esquerda da linha vertical. Sua função era agir como um anteparo, impedindo que os movimentos ultrapassassem o ponto de partida desejado. O sujeito deveria segurar o punção com sua mão direita, como se estivesse empunhando uma caneta. O experimentador guiava então a mão direita do sujeito ao longo da linha vertical, no intuito de ensinar ao sujeito como perceber o ponto de partida. O voluntário era incentivado a fazer uma estimativa do tamanho e da distância em que o alvo se encontrava, utilizando a estratégia que melhor lhe conviesse. A

seguir, deveria permanecer então com o punção no centro da linha vertical, colocar o dedo indicador da mão esquerda no ponto de fixação superior ou inferior, cuja ordem era determinada na ficha de avaliação e dava-se início à tarefa. Após a seqüência de olhos vendados, os sujeitos poderiam levantar para descanso e acomodação da visão à luz. Era então iniciada a seqüência com os olhos abertos, em que a visão inicial dos alvos era permitida.

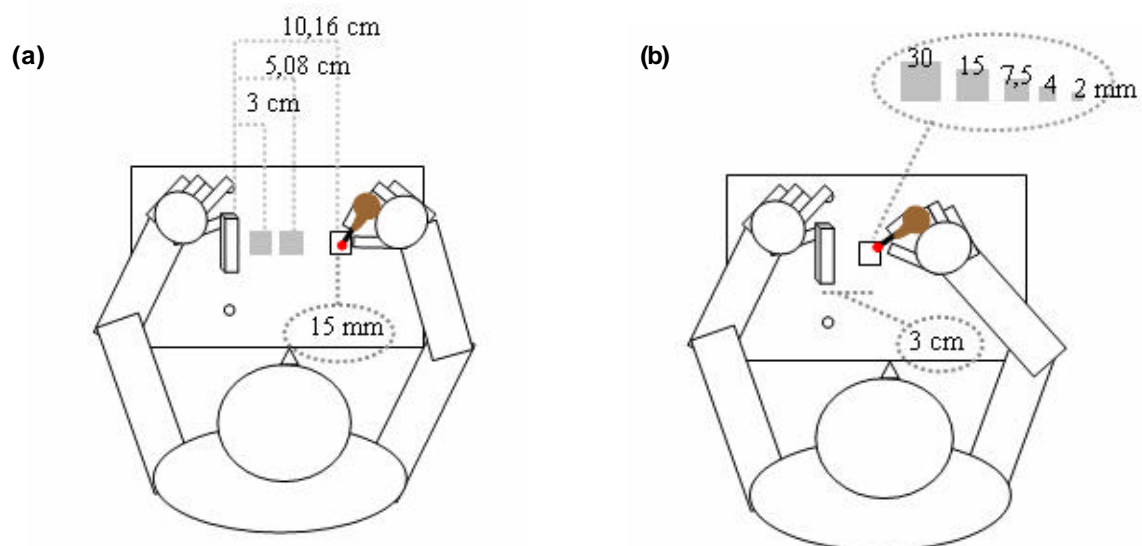


Figura 11: Representação esquemática das tarefas. Em (a), tarefa que as distâncias dos alvos variavam. No exemplo, o sujeito realizará os apontamentos no espaço de ação inferior; em (b), tarefa em que o tamanho dos alvos variava. No exemplo, o sujeito realizará os apontamentos no espaço de ação inferior.

O processamento dos filmes armazenados, a partir da localização espacial do diodo acoplado ao punção em movimento, passou por diversas etapas para obtenção dos parâmetros a serem analisados. Primeiramente, foi utilizado o programa Ifanview (da Universidade de Tecnologia de Viena) para separar os quadros dos filmes de cada

tentativa. Em seguida, com o auxílio do programa IMAQ Builder, da National Instruments, foram extraídas as coordenadas da trajetória do “led” no espaço. Com o auxílio do programa Análise de Movimento (criado em Labview pelo engenheiro eletrônico do Laboratório de Neurobiologia II da UFRJ, José Magalhães de Oliveira), as coordenadas obtidas eram transformadas num gráfico de posição espacial dos apontamentos (figura 12). Os diversos parâmetros de movimento foram coletados através de marcação manual de cada filme individualmente. Com isso, um arquivo de texto contendo a média dos cinco apontamentos feitos por indivíduo foi gerado.

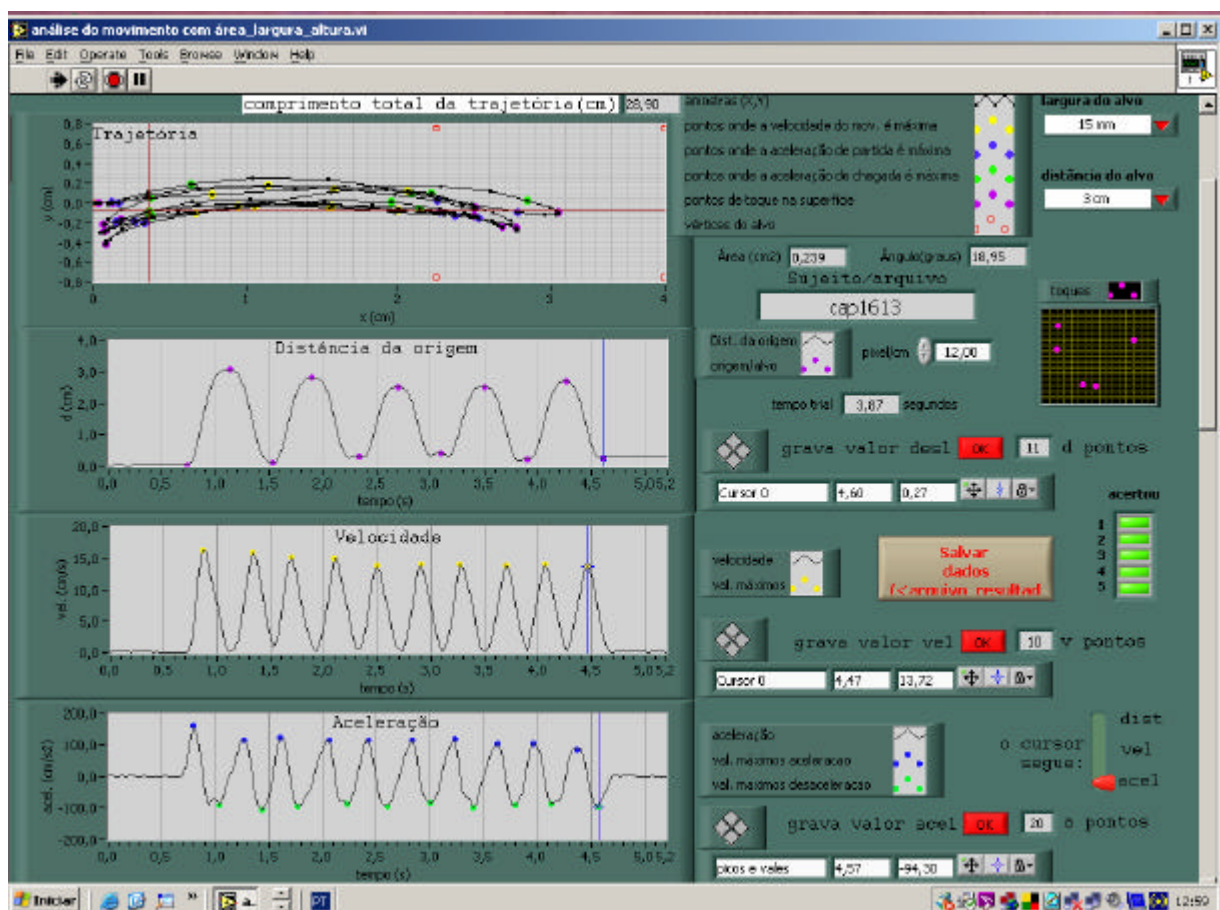


Figura 12: Tela do Programa Análise de Movimento que transformava as coordenadas obtidas num gráfico da cinemática dos movimentos.

3.3 Paradigma experimental

O desenho experimental consistia de 5 fases:

- 1) Preenchimento do termo de consentimento livre e esclarecido (anexo 01), da ficha de anamnese (anexo 02) e do questionário de lateralidade (anexo 03);
- 2) Após o sujeito estar vendado: realizava-se o posicionamento adequado do avaliado e apresentação dos objetos que fazem parte do teste (punção, porta-pilha, anteparo, folhas de transparências, estímulos feitos com esparadrapo micropore);
- 3) Leitura da instrução para o sujeito;
- 4) Período de exploração inicial dos estímulos táteis com os dedos, demonstração de como encontrar o ponto de partida com o punção e treino inicial;
- 5) Execução das tarefas utilizadas.

A luz ambiente era diminuída e os participantes recebiam a seguinte instrução inicial:

“Você participará de uma tarefa de apontamento manual para alvos de diferentes tamanhos, situados a distâncias variadas e realizará a primeira parte da tarefa de olhos vendados. Você deve sentar-se na cadeira de forma confortável, mantendo a cabeça fixa por um apoiador de cabeça e então colocar a venda nos olhos. Será colocada uma folha de transparência no tampo de vidro da mesa situada à sua frente, contendo os alvos para os quais você fará os apontamentos. Você deverá familiarizar-se com a textura dos estímulos, explorando com seus dedos

os contornos. Em seguida, você fará uma seqüência de apontamentos como treino. Finalmente, você executará a tarefa como solicitado”.

Eram dadas então as instruções para a tarefa com os olhos vendados:

“Você colocará o seu dedo indicador da mão esquerda no ponto de fixação superior ou inferior, mantendo a atenção fixa, como se estivesse olhando para um desses pontos durante toda a tarefa. O punção em sua mão direita será colocado no ponto de partida. Você deverá executar o movimento de ida e volta, o mais rápido e preciso possível, do ponto de partida até o centro do alvo. Procure, no retorno, encontrar o anteparo com o punção. Você fará cinco repetições dessa tarefa”.

Eram dadas então as instruções para a tarefa com os olhos abertos:

“Você colocará o seu dedo indicador da mão esquerda no ponto de fixação superior ou inferior, fixando seu olhar para um desses pontos durante toda a tarefa, evitando acompanhar com o olhar a mão direita em movimento. Caso perceba que moveu os olhos, favor comunicar ao experimentador para repetir a série de apontamentos. O punção em sua mão direita será colocado no ponto de partida. Você deverá executar o movimento de ida e volta, o mais rápido e preciso possível, do ponto de partida até o centro do alvo. Você fará cinco repetições dessa tarefa”.

A definição do ponto de fixação (que determinava se a tarefa seria no espaço de ação superior ou inferior) acontecia de forma aleatória. Para cada tentativa o sujeito deveria explorar os contornos dos estímulos com os dedos e realizar uma seqüência de cinco apontamentos como treino. Para cada condição eram dados três blocos de cinco tentativas cada, totalizando 96 condições experimentais e em cada uma delas era reforçada a instrução que determinava o espaço de ação em que o movimento iria acontecer. A duração do teste foi de aproximadamente 1 hora.

3.4 Análise dos resultados

Os seguintes parâmetros foram analisados durante as 5 tentativas:

- a) Tempo de movimento ? valor médio do tempo dos cinco movimentos de ida até o alvo do sujeito durante a tarefa (em segundos);
- b) Percentual de acertos ? número de vezes que o sujeito acertou o alvo dividido pelo número total de tentativas, multiplicado por cem;
- c) Constante de erro ? posição média dos apontamentos no eixo X em relação ao centro do alvo, em milímetros (figura 13);

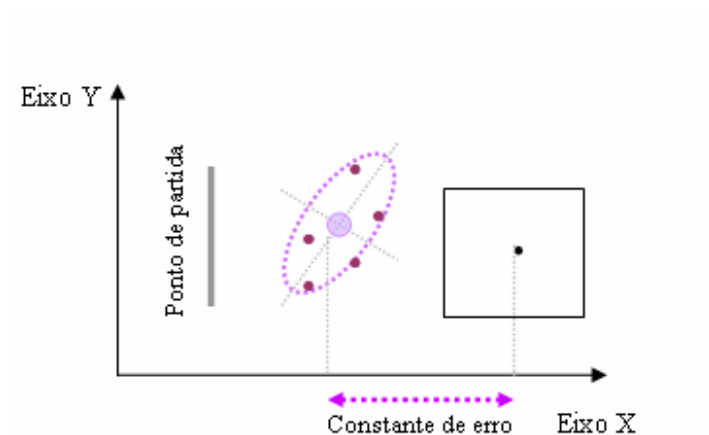


Figura 13: Ilustração esquemática do parâmetro constante de erro, que corresponde à tendência do sujeito a subestimar ou extrapolar o alvo. O quadrado preto com um ponto no meio representa o alvo e seu centro.

d) Área de dispersão dos apontamentos ? A elipse em torno dos apontamentos foi calculada pelo método estatístico de análise dos componentes principais (em mm^2), (figura 14);

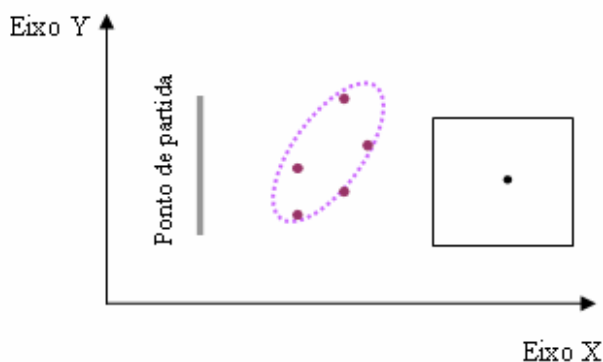


Figura 14: Ilustração esquemática do parâmetro área de dispersão dos apontamentos. O quadrado preto com um ponto no meio representa o alvo e seu centro.

e) Erro variável no eixo X ? medida de dispersão dos apontamentos na direção do eixo X, em milímetros (figura 15);

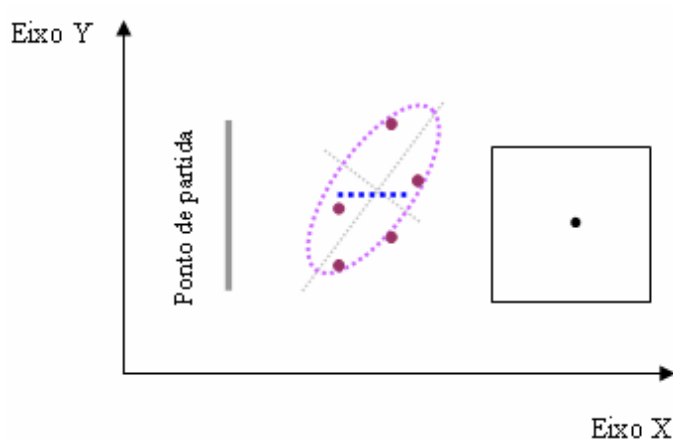


Figura 15: Ilustração esquemática do parâmetro erro variável no eixo X (tracejado em azul), que corresponde à medida de dispersão dos apontamentos na direção do eixo X. O quadrado preto com um ponto no meio representa o alvo e seu centro.

f) Erro variável no eixo Y? medida de dispersão dos apontamentos na direção do eixo Y, em milímetros (figura 16).

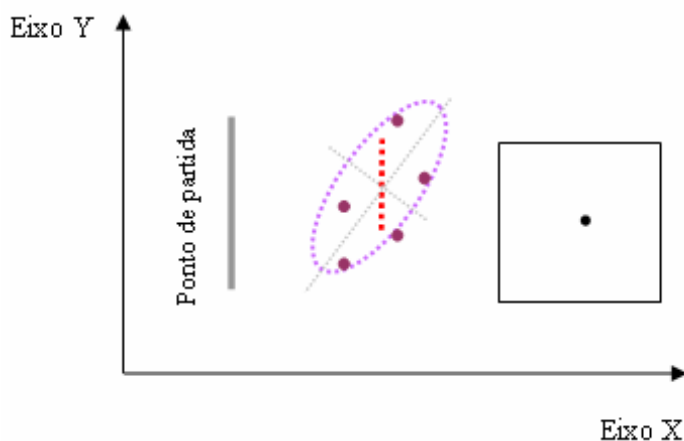


Figura 16: Ilustração esquemática do parâmetro erro variável no eixo Y (tracejado em vermelho), que corresponde à medida de dispersão dos apontamentos na direção do eixo Y. O quadrado preto com um ponto no meio representa o alvo e seu centro.

g) Ângulo de inclinação da elipse ? O ângulo da elipse em torno dos apontamentos foi calculado pelo método estatístico de análise dos componentes principais (poderia variar entre ± 90 graus).

O parâmetro constante de erro correspondeu a nossa medida de exatidão e os parâmetros erro variável no eixo X, erro variável no eixo Y e área de dispersão dos apontamentos corresponderam às nossas medidas de precisão. Vale lembrar que exatidão e precisão são conceitos diferentes (para revisão, ver fig 17).

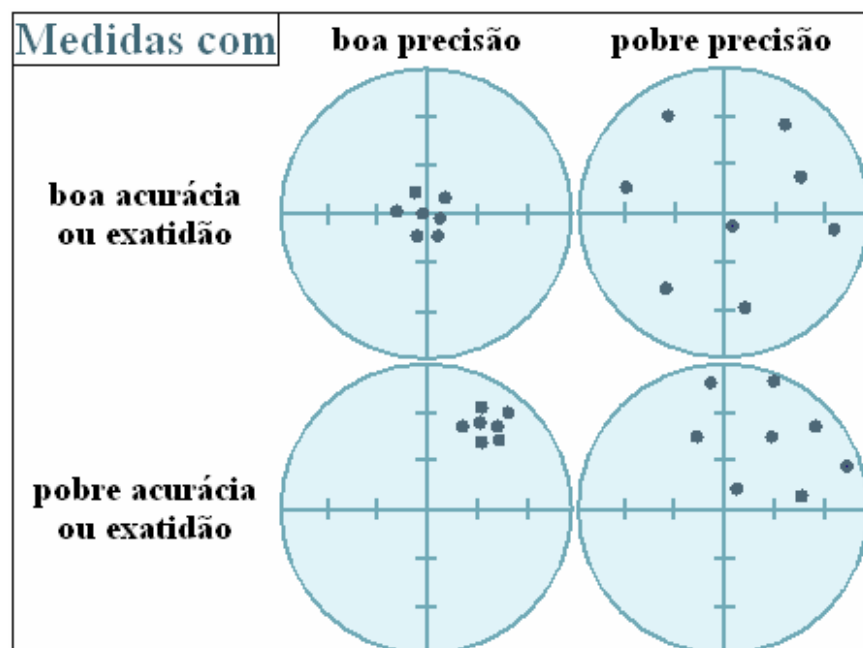


Figura 17: Diferença entre exatidão e precisão. (Gentilmente cedida por Gilberto Weissmüller, professor adjunto do Laboratório de Física Biológica, IBCCF/UFRJ).

Para todos os parâmetros analisados, apenas o movimento de ida para o alvo foi levado em consideração, por ser o que exigia a precisão de toque no alvo. O movimento de volta não foi levado em consideração devido à presença do anteparo, que bloqueava o retorno do sujeito. Por outro lado, a ausência de um anteparo tornaria a tarefa com os olhos fechados impraticável, inviabilizando uma programação motora correta do sujeito durante os apontamentos.

3.5 Análise estatística dos dados

A análise estatística dos parâmetros calculados foi realizada com o teste de análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas, utilizando o programa Statistica (Versão 6.0), com quatro fatores: distância (experimento 1) ou alvo (experimento 2), espaço de ação (superior ou inferior), condição visual (olhos fechados ou abertos) e bloco (1º, 2º ou 3º bloco). O nível de significância (α) escolhido para todas as análises foi de 0,05. O teste de Tukey HSD foi selecionado para as análises *post-hoc*. Para analisar os resultados sobre a relação entre velocidade e exatidão, foram feitas análises de regressão linear e teste t para amostras dependentes.

4 RESULTADOS

As tarefas demonstraram que não houve um efeito de aprendizado motor nas ações testadas, isto é, as médias dos três blocos de cinco tentativas para todos os parâmetros analisados não foram alteradas em nenhuma situação testada.

Os efeitos principais e as interações significativas de cada parâmetro por tarefa serão destacados a seguir (para conhecer os valores nominais, ver anexo 05).

4.1 EXPERIMENTO 1: TAREFA COM AS DISTÂNCIAS DO ALVO VARIANDO

4.1.1 Pergunta 1: O desempenho motor é diferente entre os espaços de ação?

Foi encontrado efeito principal de espaço de ação para o parâmetro **constante de erro**. Os apontamentos feitos no espaço de ação superior obtiveram maior constante de erro em relação aos apontamentos feitos no espaço de ação inferior ($F(1, 228) = 5,5$, $p < 0,05$), independente da distância e da condição visual (olhos abertos / olhos fechados) (figura 18). Dessa forma, os sujeitos subestimaram menos o alvo no espaço de ação inferior em relação ao superior.

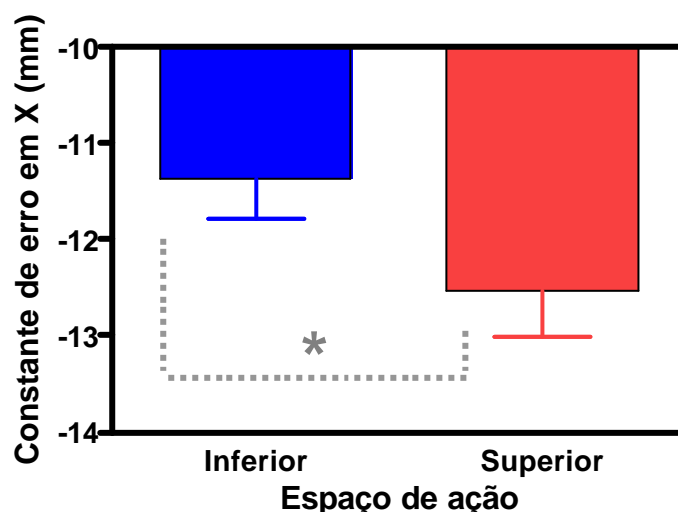


Figura 18: Média da constante de erro para os apontamentos realizados nos espaços de ação superior e inferior (barras representam o erro padrão da média).

Além disso, foi encontrada interação entre espaço de ação e condição visual para o parâmetro **erro variável no eixo Y** ($F(1, 228)=20,9$, $p < 0,01$). Este parâmetro teve maiores valores nos apontamentos feitos no espaço de ação superior, apenas com os olhos abertos. Com os olhos fechados não houve diferença entre os espaços de ação superior e inferior (figura 19).

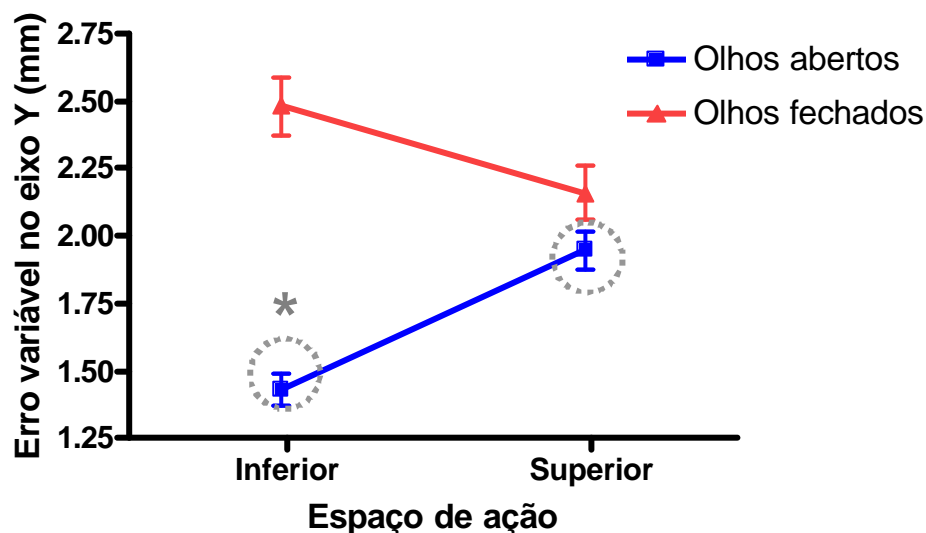


Figura 19: Erro variável no eixo Y versus espaços de ação, em ambas as condições visuais. Com os olhos abertos, o erro variável no eixo Y foi maior para os apontamentos feitos no espaço de ação superior. Com os olhos fechados não houve diferença entre os espaços de ação (barras representam o erro padrão da média).

Para os demais parâmetros (área de dispersão dos apontamentos, tempo de movimento, percentual de acertos, erro variável no eixo X e ângulo de inclinação da elipse), não foi encontrado efeito principal de espaço de ação e não houve nenhuma outra interação significativa entre os fatores testados.

Chamou-nos a atenção o fato do parâmetro erro variável no eixo Y ter evidenciado diferenças entre os espaços de ação com os olhos abertos, sem que o parâmetro área de inclinação dos apontamentos inicialmente ter evidenciado diferença entre os espaços de ação. Nossa primeira hipótese para explicar o ocorrido foi pesquisar o ângulo de inclinação das elipses formadas pela área de dispersão. Porém, tal parâmetro não evidenciou nenhum efeito principal ou de interação, significativo de espaço de ação, contudo, observamos que a dispersão dos valores do parâmetro ângulo de inclinação da elipse é bem maior em comparação a dispersão dos valores do parâmetro erro variável no eixo Y (figura 20 a e 20 b).

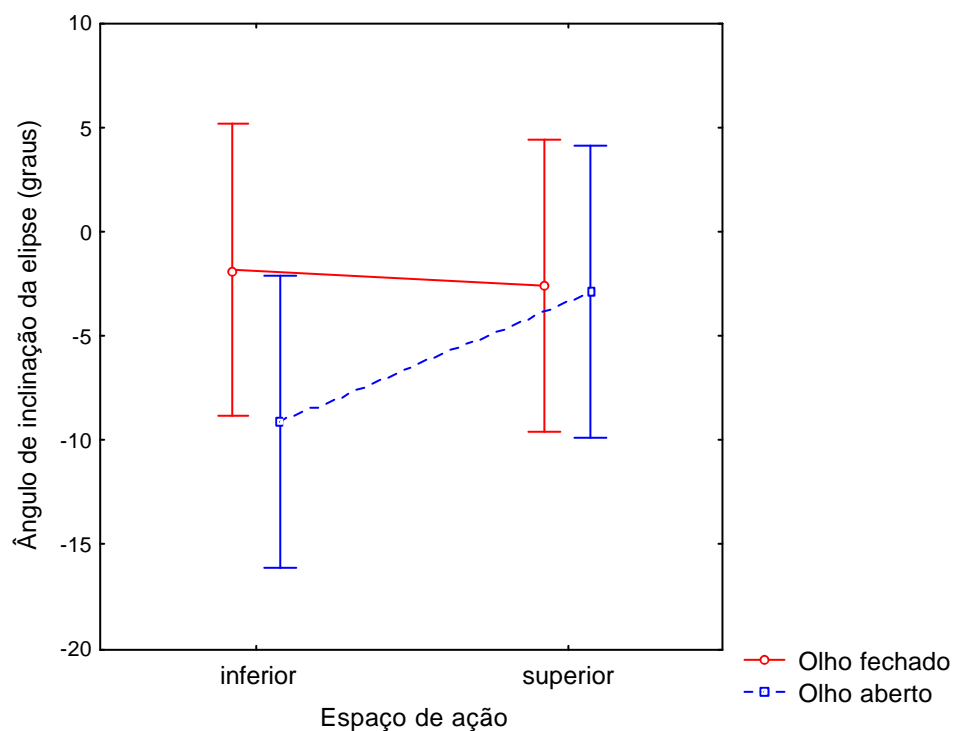


Figura 20 a: Ângulo de inclinação da elipse versus espaços de ação, em ambas as condições visuais (as barras correspondem ao desvio padrão da média).

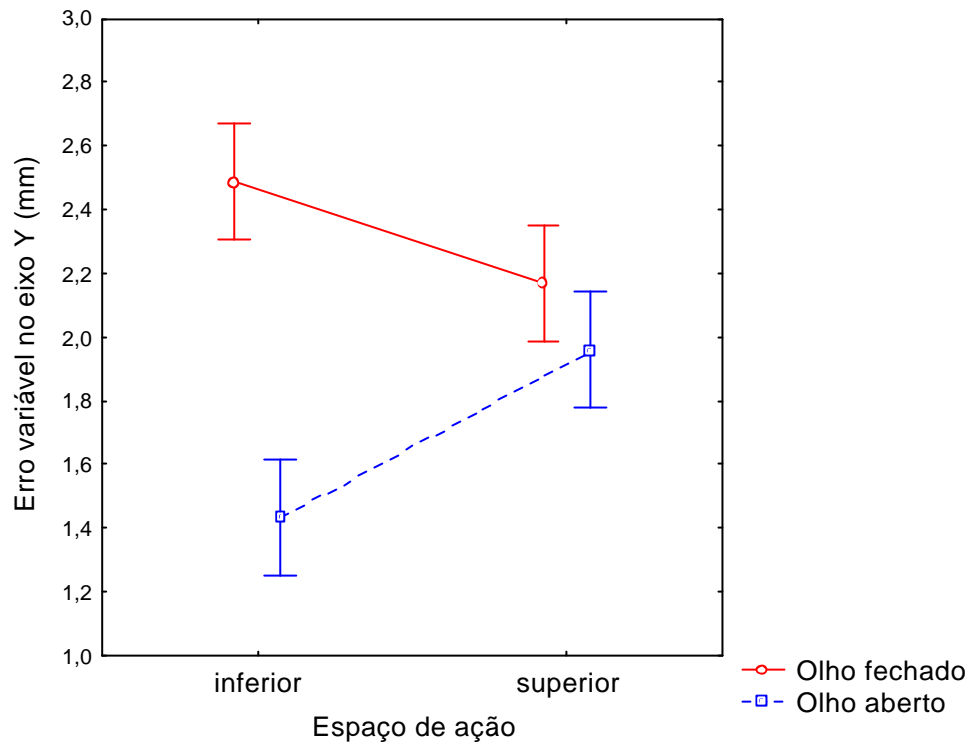


Figura 20 b: Erro variável no eixo Y versus espaços de ação, em ambas as condições visuais (as barras correspondem ao desvio padrão da média).

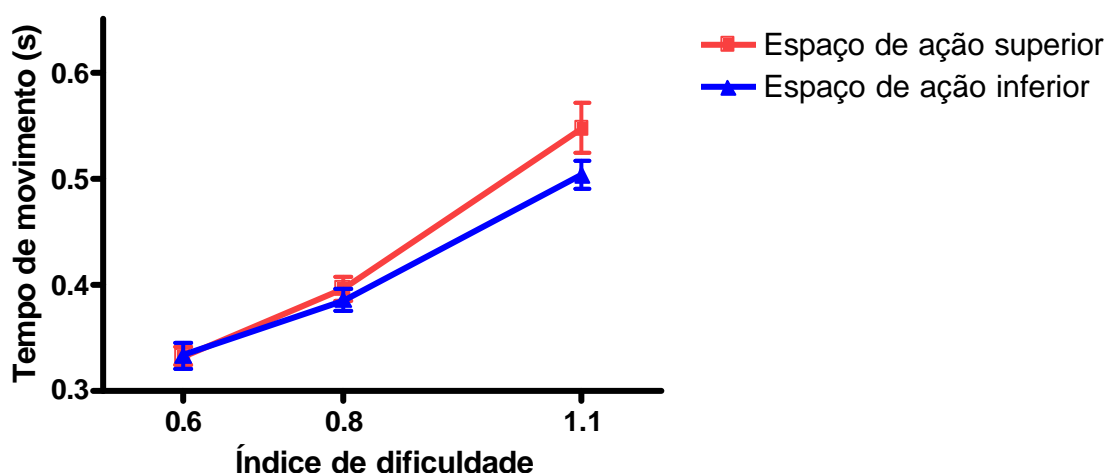
Como o parâmetro área de dispersão dos apontamentos não evidenciou diferença entre os espaços de ação superior e inferior, enquanto que o parâmetro erro variável no eixo Y (que é um dos componentes da elipse gerada em torno da área de dispersão dos apontamentos) evidenciou tal diferença apenas com os olhos abertos, realizamos comparações planejadas para os dados obtidos através do parâmetro área de dispersão dos apontamentos e observamos que a área de dispersão dos apontamentos é menor quando estes são feitos no espaço de ação inferior, apenas com os olhos abertos (média = 243; $F = 4,2$ e $p < 0,05$).

4.1.2 Relação entre velocidade e exatidão:

A análise de regressão linear revelou que o tempo de movimento aumentou conforme o índice de dificuldade em ambos os espaços de ação, independente da condição visual (figura 21 a e b). Para a condição olhos abertos, a inclinação da reta ajustada nos apontamentos feitos no espaço de ação superior ($a = 0,06$; $b = 0,44$ e $r^2 = 0,99$) não diferiu da inclinação da reta dos apontamentos feitos no espaço de ação inferior ($a = 0,12$; $b = 0,35$ e $r^2 = 0,99$). O mesmo ocorreu para a condição olhos fechados. A inclinação da reta ajustada nos apontamentos feitos no espaço de ação superior ($a = 0,07$; $b = 0,63$ e $r^2 = 0,99$) não diferiu da inclinação da reta dos apontamentos feitos no espaço de ação inferior ($a = 0,01$; $b = 0,70$ e $r^2 = 0,99$). O teste t para amostras dependentes revelou que não houve diferença entre os interceptos e as inclinações das retas, falando a favor de que a lei de Fitts é obedecida em ambos os espaços de ação e em ambas as condições visuais ($p < 0,05$ para ambas as condições visuais).

a)

Olhos abertos



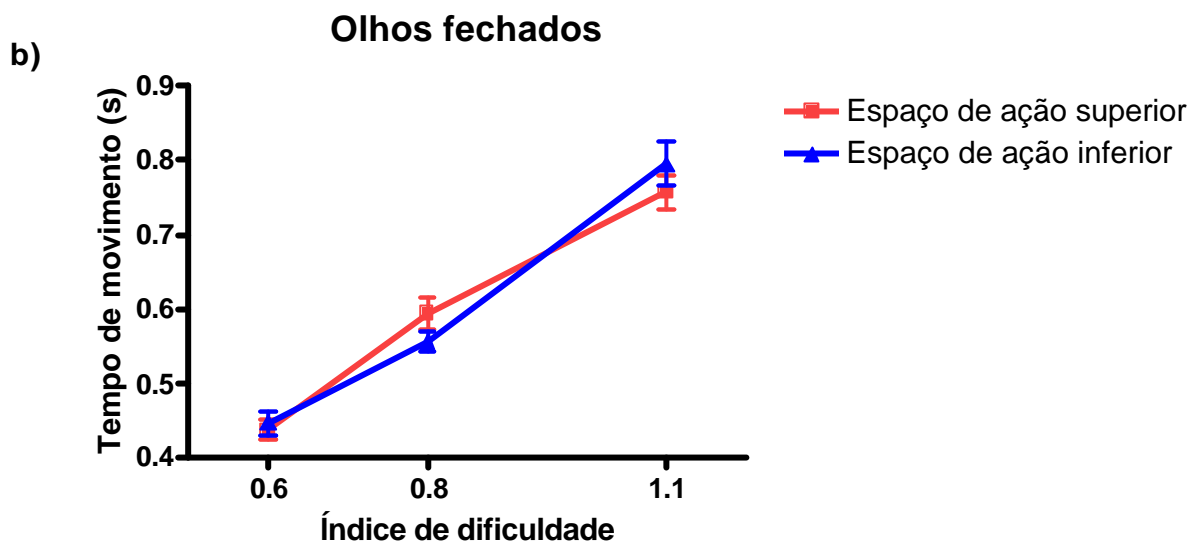


Figura 21: Tempo de movimento x índice de dificuldade em ambos os espaços de ação em ambas as condições visuais. Gráficos do parâmetro tempo de movimento x índice de dificuldade no experimento 1. Em (a): apontamentos feitos com os olhos abertos; (b) apontamentos feitos com os olhos fechados (barras representam o erro padrão da média).

4.1.3 Pergunta 2: O desempenho motor é afetado pela ausência de informação visual?

Foi encontrado efeito principal de condição visual para o parâmetro **tempo de movimento**, sendo os apontamentos feitos com os olhos fechados, mais lentos ($F(1, 228)=173, p < 0,01$). Também houve efeito principal para índice de dificuldade: quanto maior o índice de dificuldade, maior o tempo de movimento, independente da condição visual ($F(2, 456)=375, p < 0,01$). Além disso, houve interação entre índice de dificuldade e condição visual ($F(2, 456)=26.5, p < 0,01$). O tempo de movimento foi maior para os maiores índices de dificuldade em ambas as condições visuais (figura 22).

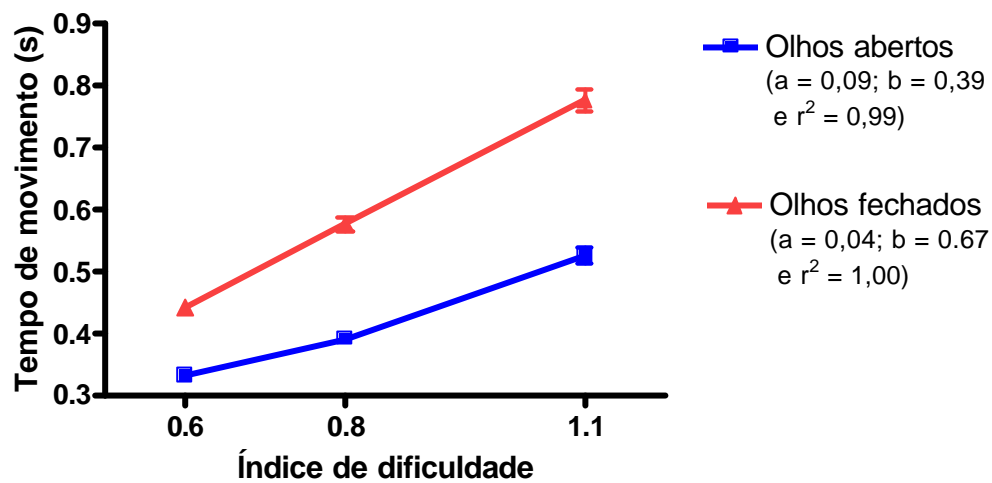


Figura 22: Tempo de movimento x índice de dificuldade em ambas as condições visuais. O tempo de movimento aumenta com o índice de dificuldade, independente da condição visual (barras representam o erro padrão da média).

Foi encontrado efeito principal de condição visual para o parâmetro **percentual de acertos** ($F(1, 228)=29,5$, $p < 0,01$), onde o percentual de acertos foi maior com os olhos abertos e efeito principal de distância, onde o percentual de acertos foi maior nos alvos mais próximos, independente da condição visual ($F(2, 456)=408$, $p < 0,01$). Houve interação entre distância e condição visual ($F(2, 456)=28,1$, $p < 0,01$), onde apenas para a menor distância observou-se diferença entre as condições visuais (figura 23).

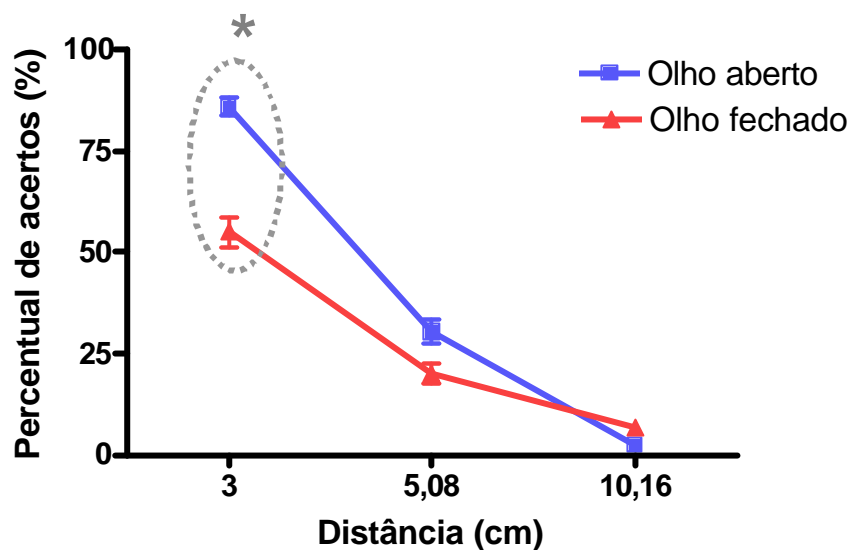


Figura 23: Percentual de acertos na tarefa com distâncias variando e em condições visuais diferentes. A diferença entre as condições visuais só aparece na menor distância (barras representam o erro padrão da média).

Houve efeito principal de condição visual ($F(1, 228)=88,3$, $p < 0,01$) para o parâmetro **área de dispersão** dos apontamentos, onde a área dos apontamentos feitos com os olhos fechados foi maior do que com os olhos abertos. Também foi encontrado efeito principal de distância, onde a área dos apontamentos foi maior nas maiores distâncias ($F(2, 456)=131$, $p < 0,01$). Houve interação entre distância e condição visual ($F(2, 456)=30,6$, $p < 0,01$). Para o alvo mais próximo, não houve diferença entre as condições visuais. Para os alvos mais distantes, a área dos apontamentos foi maior com os olhos fechados (figura 24).

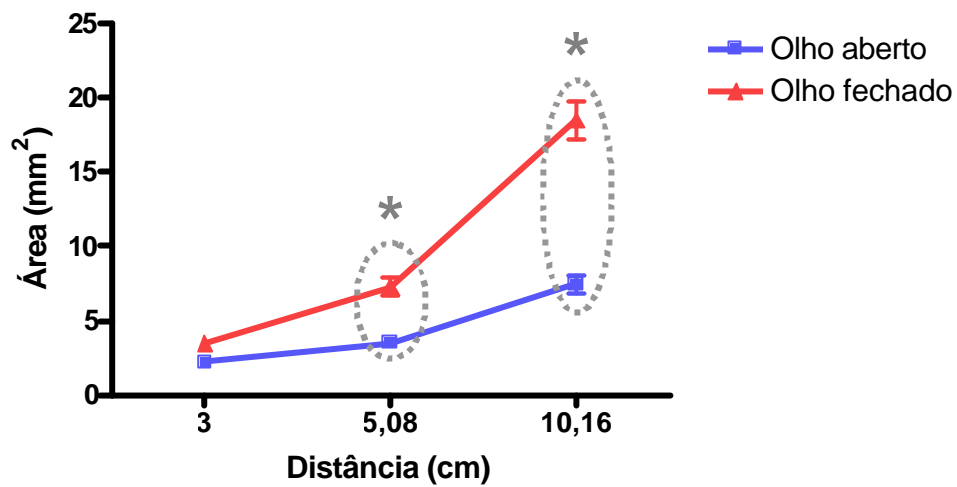


Figura 24: Área de dispersão dos apontamentos x distância do centro dos alvos, em ambas as condições visuais. A diferença entre as condições visuais foi observada nos alvos mais distantes (barras representam o erro padrão da média).

Para o parâmetro **constante de erro** foi encontrado efeito principal de condição visual ($F(1, 228)=34,3$, $p < 0,01$), onde os sujeitos subestimaram menos os apontamentos feitos com os olhos abertos. Da mesma maneira, houve efeito principal de distância, onde os sujeitos subestimaram mais os alvos mais distantes ($F(2, 456)=415$, $p < 0,01$). Houve interação entre distância e condição visual ($F(2, 456)=5,3$, $p < 0,01$): para a menor distância, não houve diferença entre as condições visuais (figura 25).

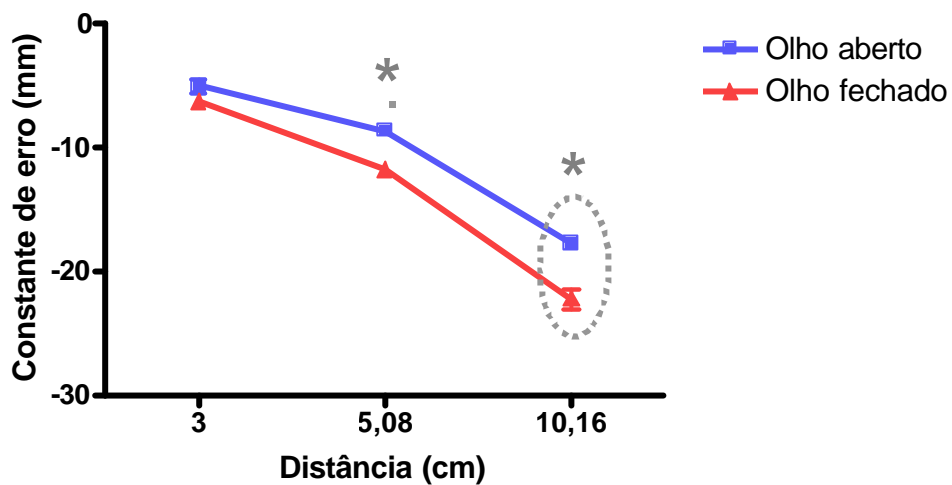


Figura 25: Constante de erro x distância do centro dos alvos, em ambas as condições visuais. Os sujeitos subestimam mais os alvos mais distantes, onde a diferença entre as condições visuais também é observada (barras representam o erro padrão da média).

Foi encontrado efeito principal de condição visual para o parâmetro **erro variável no eixo X**. Com os olhos fechados o erro variável no eixo X foi maior do que com os olhos abertos ($F(1, 228)=72,9$, $p < 0,01$). Observou-se ainda efeito principal de distância, onde o erro variável no eixo X foi maior para as maiores distâncias, independente da condição visual ($F(2, 456)=180$, $p < 0,01$). Houve interação entre distância e condição visual ($F(2, 456)=34,6$, $p < 0,01$), onde a diferença entre as condições visuais foi vista nas duas maiores distâncias, sendo o erro variável no eixo X maior nos apontamentos feitos com os olhos fechados (figura 26 (a)). Esse mesmo padrão ocorre para o parâmetro erro variável em Y (figura 26 (b)).

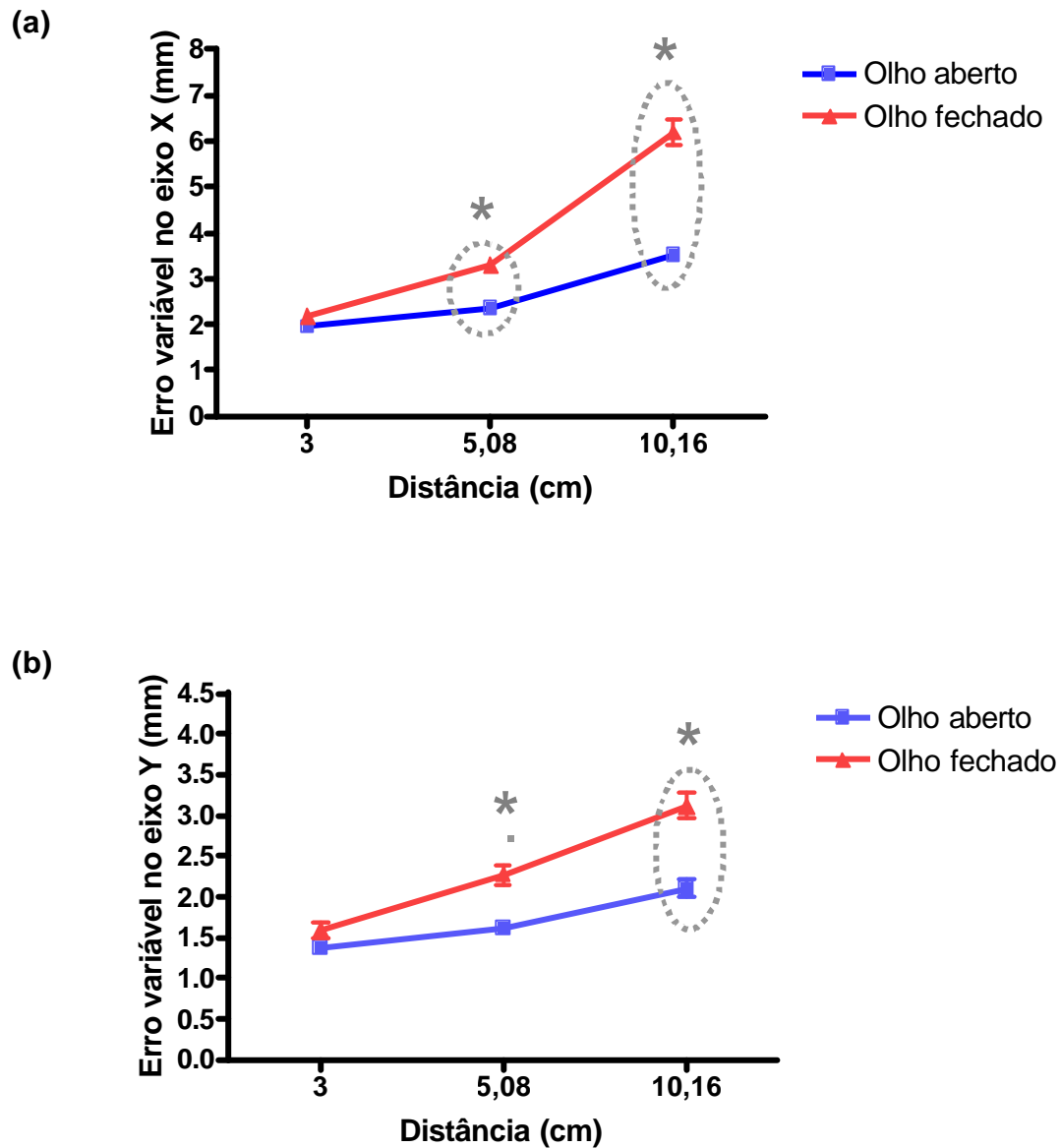


Figura 26: Erro variável no eixo X e no eixo Y versus distância do centro do alvo, em ambas as condições visuais. Em **(a)** o erro variável no eixo X é maior nas maiores distâncias, onde a diferença entre as condições visuais é observada; em **(b)** o erro variável no eixo Y é maior nas maiores distâncias, onde a diferença entre as condições visuais também é observada (barras representam o erro padrão da média).

4.2 EXPERIMENTO 2: TAREFA COM O TAMANHO DOS ALVOS VARIANDO

4.2.1 Pergunta 1: O desempenho motor é diferente entre os espaços de ação?

Foi encontrado efeito principal do espaço de ação para o parâmetro **área de dispersão** dos apontamentos ($F(1, 228)=6,86$, $p < 0,01$). A área de dispersão foi menor no espaço de ação inferior, independente da condição visual (figura 27).

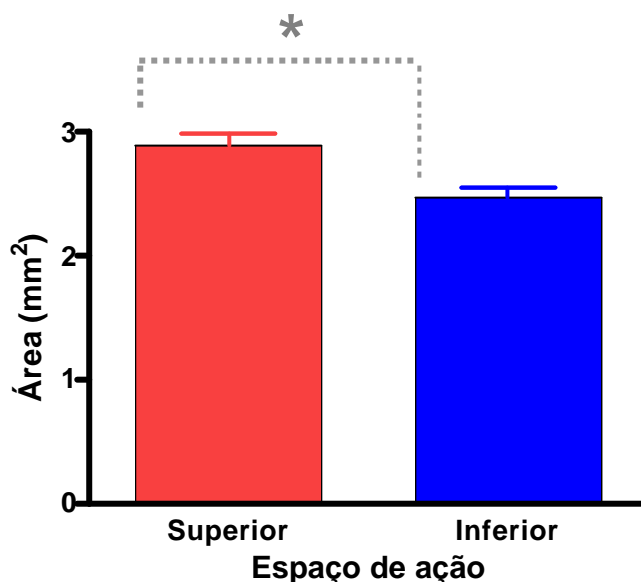


Figura 27: Área de dispersão dos apontamentos x espaço de ação. A área de dispersão dos apontamentos é menor no espaço de ação inferior, independente da condição visual (barras representam o erro padrão da média).

Além disso, houve efeito principal do espaço de ação para o parâmetro **erro variável no eixo Y**, onde o erro variável no eixo Y foi maior nos apontamentos feitos no espaço de ação superior ($F(1, 228)=4,41$, $p < 0,05$). Houve interação entre espaço de ação e condição visual ($F(1, 228)=7,86$, $p < 0,01$), a qual evidenciou que a diferença entre os espaços de ação para este parâmetro ocorreu apenas com os olhos abertos (figura 28).

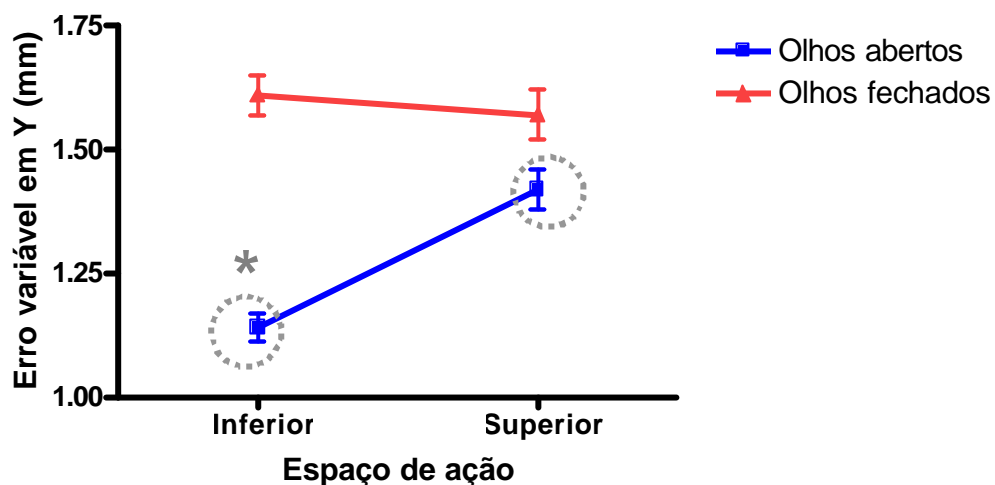


Figura 28: Erro variável no eixo Y versus espaços de ação, em ambas as condições visuais. Com os olhos abertos, o erro variável no eixo Y foi maior para os apontamentos feitos no espaço de ação superior. Entretanto, com os olhos fechados não há diferença dos apontamentos em função do espaço de ação (barras representam o erro padrão da média).

Para os demais parâmetros (constante de erro, tempo de movimento, percentual de acertos, erro variável no eixo X e ângulo de inclinação da elipse) não foi encontrado efeito principal de espaço de ação e também não houve nenhuma interação significativa entre os fatores testados.

Diferentemente do experimento 1, no experimento 2 o parâmetro área de dispersão dos apontamentos evidenciou diferenças entre os espaços de ação, o que tornou mais compreensivo o fato do parâmetro erro variável no eixo Y demonstrar diferenças entre os espaços de ação, sem que o parâmetro ângulo de inclinação da elipse tenha demonstrado diferenças entre os espaços de ação. Porém, tal qual o experimento 1, observamos que a dispersão dos valores do parâmetro ângulo de

inclinação da elipse é bem maior em comparação a dispersão dos valores do parâmetro erro variável no eixo Y (figura 29 a e 29 b).

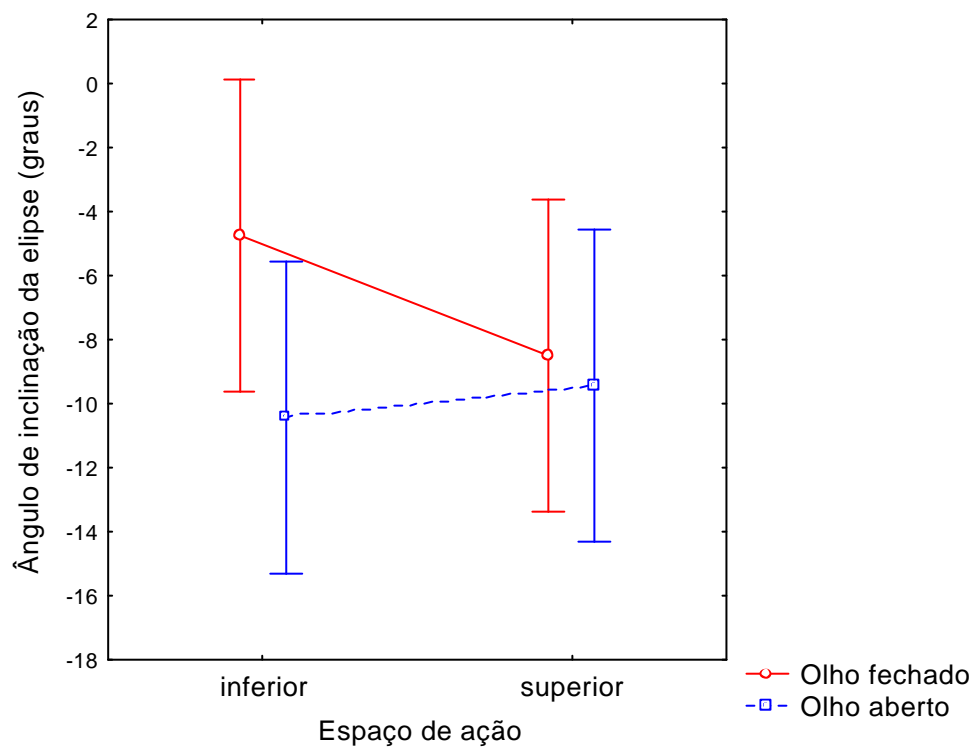


Figura 29 a: Ângulo de inclinação da elipse versus espaços de ação, em ambas as condições visuais (as barras correspondem ao desvio padrão da média).

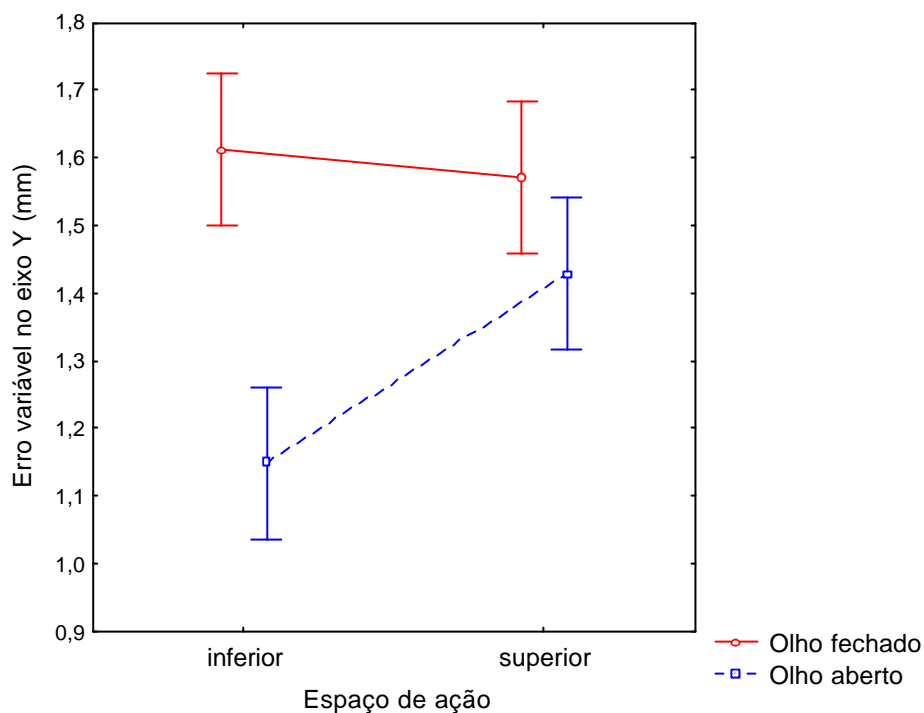


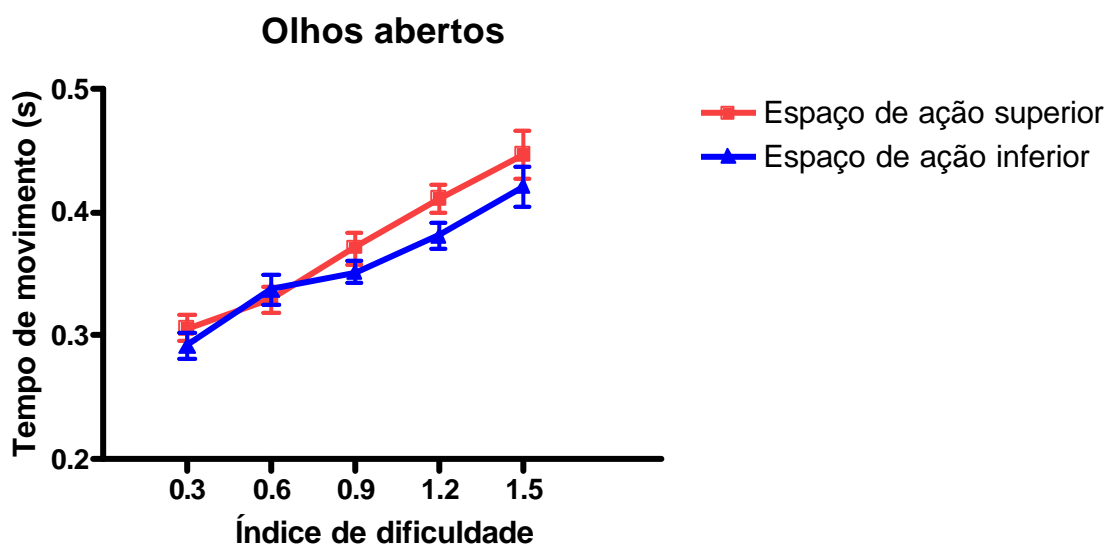
Figura 29 b: Erro variável no eixo Y versus espaços de ação, em ambas as condições visuais (as barras correspondem ao desvio padrão da média).

Intrigou-nos o fato do parâmetro área de dispersão dos apontamentos ter evidenciado diferenças entre os espaços de ação independente da condição visual, já que o parâmetro erro variável no eixo Y (que é um dos componentes da elipse gerada em torno da área de dispersão dos apontamentos) ter evidenciado diferença entre os espaços de ação superior e inferior apenas com os olhos abertos. Realizamos comparações planejadas para os dados obtidos através do parâmetro área de dispersão dos apontamentos, no intuito de verificar se a diferença observada entre os espaços de ação seria puramente independente da condição visual. Observamos que a diferença entre os espaços de ação é mantida apenas para os apontamentos feitos com os olhos abertos (média = 43,1; $F = 5,57$ e $p < 0,05$).

4.2.2 Relação entre velocidade e exatidão:

A análise de regressão linear revelou que o tempo de movimento aumentou conforme o índice de dificuldade em ambos os espaços de ação, independente da condição visual (figura 30 a e b). Para a condição olhos abertos, a inclinação da reta ajustada nos apontamentos feitos no espaço de ação superior ($a = 0,26$; $b = 0,12$ e $r^2 = 0,99$) não diferiu da inclinação da reta dos apontamentos feitos no espaço de ação inferior ($a = 0,27$; $b = 0,10$ e $r^2 = 0,98$). O mesmo ocorreu para a condição olhos fechados. A inclinação da reta ajustada nos apontamentos feitos no espaço de ação superior ($a = 0,34$; $b = 0,14$ e $r^2 = 0,96$) não diferiu da inclinação da reta dos apontamentos feitos no espaço de ação inferior ($a = 0,35$; $b = 0,14$ e $r^2 = 0,96$). O teste t para amostras dependentes revelou que não houve diferença entre os interceptos e as inclinações das retas, falando a favor de que a lei de Fitts é obedecida em ambos os espaços de ação e em ambas as condições visuais ($p < 0,05$ para ambas as condições visuais).

a)



b)

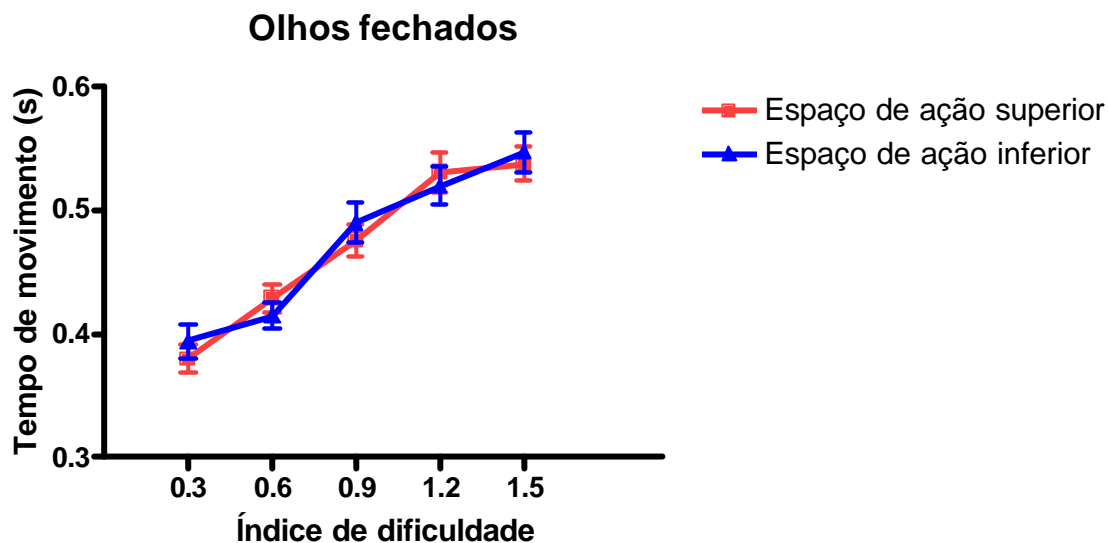


Figura 30: Tempo de movimento x índice de dificuldade em ambos os espaços de ação em ambas as condições visuais. Gráficos do parâmetro tempo de movimento x índice de dificuldade do experimento 2. Em (a): apontamentos feitos com os olhos abertos; (b) apontamentos feitos com os olhos fechados (barras representam o erro padrão da média).

4.2.3 Pergunta 2: O desempenho motor é afetado pela ausência de informação visual?

Foi encontrado efeito principal de condição visual para o parâmetro **tempo de movimento**, onde, com os olhos fechados, os apontamentos foram mais lentos ($F(1, 228)=119, p < 0,01$) e efeito principal para índice de dificuldade ($F(4, 912)=128, p < 0,01$), onde, quanto maior foi o índice de dificuldade, maior foi o tempo de movimento e houve interação entre esses dois fatores ($F(4, 912)=3.25, p < 0,05$) (figura 31).

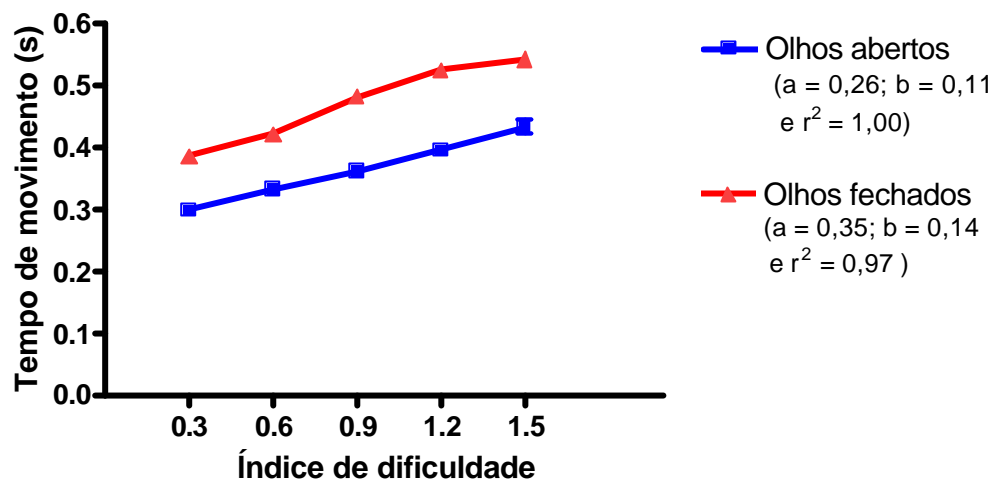


Figura 31: Tempo de movimento x tamanho dos alvos, em ambas as condições visuais. O tempo de movimento aumenta conforme o índice de dificuldade, independente da condição visual (barras representam o erro padrão da média).

Foi encontrado efeito principal de condição visual para o parâmetro **percentual de acertos**, onde o percentual de acertos foi maior com os olhos abertos ($F(1, 228)=67,6$, $p < 0,01$). Houve interação entre condição visual e alvo ($F(4, 912)=14,9$, $p < 0,01$), onde o percentual de acertos foi maior com os olhos abertos do que fechados apenas para os alvos intermediários (3 e 4). Para os demais, não houve diferença entre as condições visuais (figura 32).

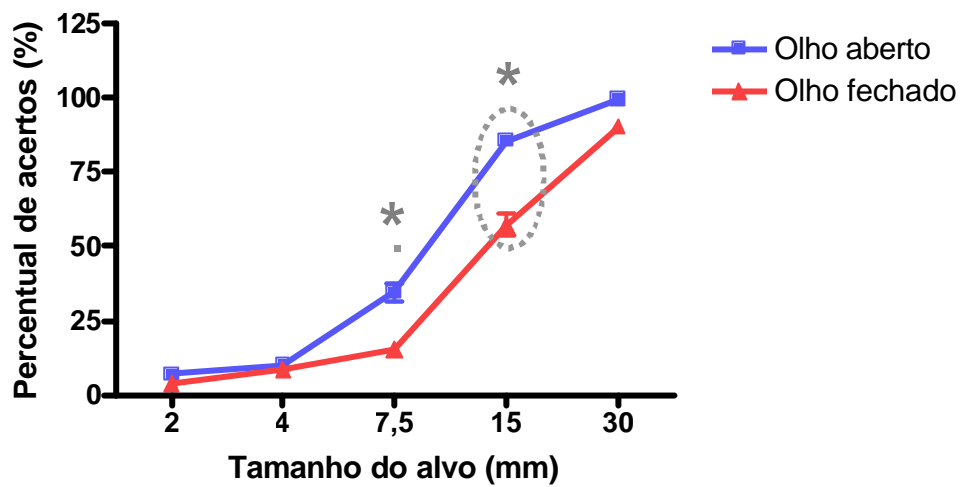


Figura 32: Percentual de acertos x tamanho dos alvos, em ambas as condições visuais. O percentual de acertos é maior nos maiores alvos em relação aos menores. A diferença entre as condições visuais só é observada nos alvos intermediários (barras representam o erro padrão da média).

Foi encontrado efeito principal de condição visual para o parâmetro **área de dispersão** dos apontamentos ($F(1, 228)=47,5$, $p < 0,01$), onde a área foi maior com os olhos fechados do que com os olhos abertos, independente do tamanho do alvo (figura 33).

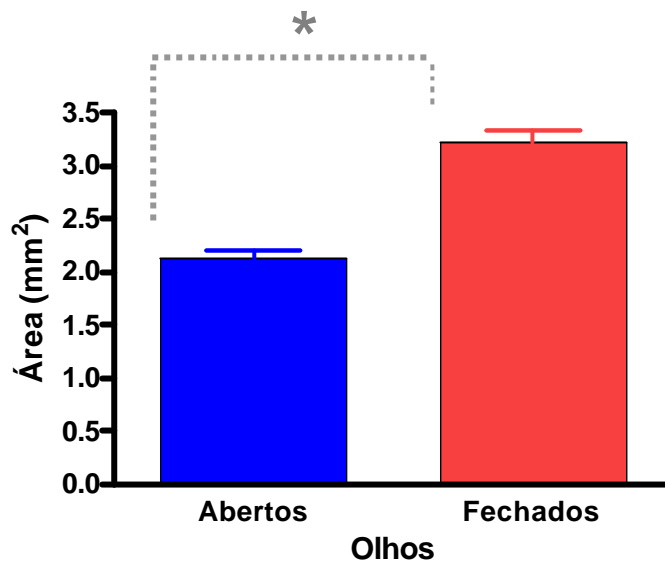


Figura 33: Área de dispersão dos apontamentos x condição visual. A área média de dispersão dos apontamentos foi maior com os olhos fechados, independente do tamanho do alvo (barras representam o erro padrão da média).

Foi encontrado efeito principal de condição visual para o parâmetro **erro variável no eixo X** ($F(1, 228)=53,2$, $p < 0,01$), onde o erro variável no eixo X foi maior nos apontamentos feitos com os olhos fechados, independente do tamanho do alvo (figura 34 (a)). Também foi encontrado efeito principal de condição visual para o parâmetro **erro variável no eixo Y** ($F(1, 228)=28,1$, $p < 0,01$), que foi maior nos apontamentos feitos com os olhos fechados (figura 34 (b)).

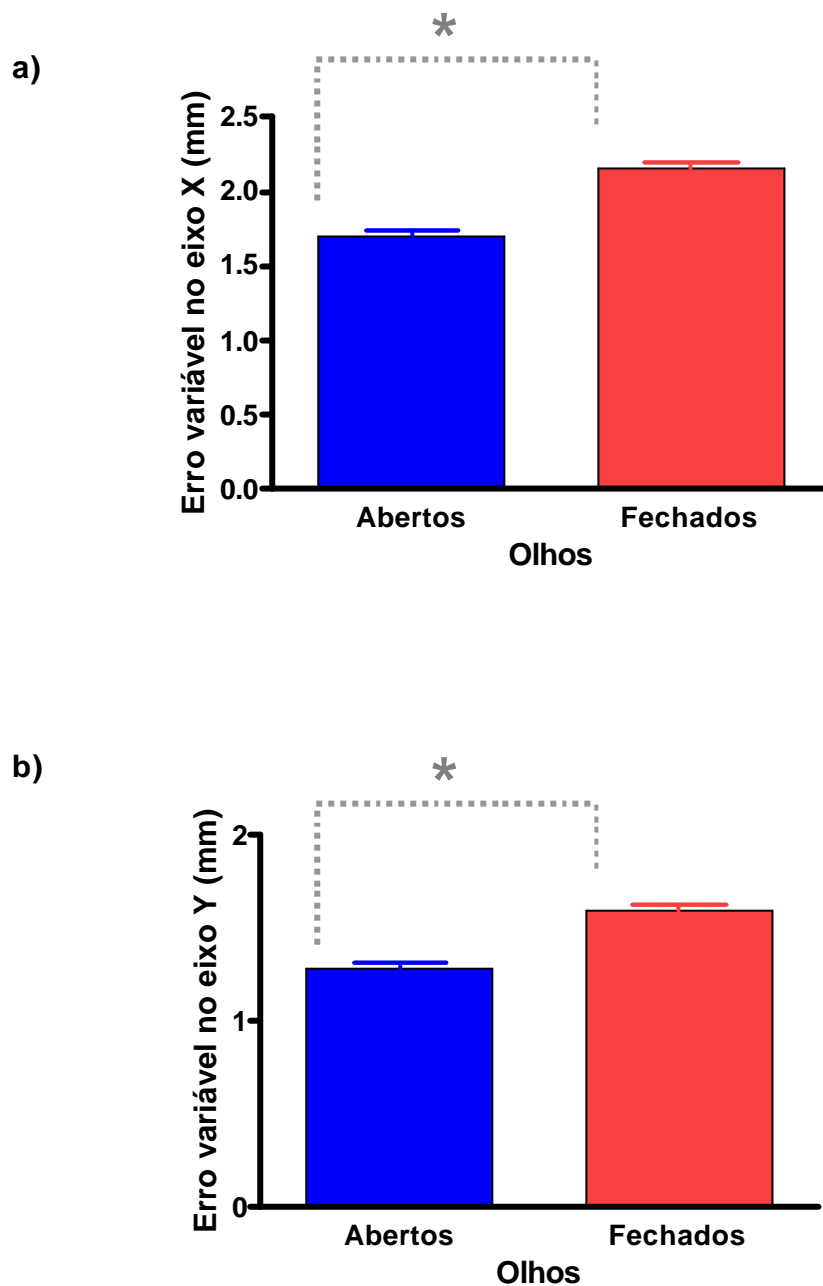


Figura 34: Erro variável no eixo X e erro variável no eixo Y versus condição visual. Em **(a)** o erro variável no eixo X foi maior com os olhos fechados, independente do tamanho do alvo; em **(b)** o erro variável no eixo Y foi maior com os olhos fechados (barras representam o erro padrão da média).

Apenas o parâmetro constante de erro não evidenciou diferença entre as condições visuais.

5 DISCUSSÃO

5.1) ESPAÇO DE AÇÃO SUPERIOR X INFERIOR

O favorecimento do espaço de ação inferior foi demonstrado em ambas as tarefas. Na primeira tarefa, o benefício foi evidente através de um menor valor na constante de erro, demonstrando que os sujeitos estimam melhor a distância do alvo quando realizam os apontamentos no espaço de ação inferior. O parâmetro erro variável no eixo Y também evidenciou favorecimento do espaço de ação inferior, mas apenas para os apontamentos feitos com os olhos abertos. Na segunda tarefa, o benefício do espaço de ação inferior foi evidente através de uma menor área de dispersão dos apontamentos. Tal qual na primeira tarefa, o parâmetro erro variável no eixo Y foi menor no espaço de ação inferior apenas para os apontamentos feitos com os olhos abertos.

Os resultados sugerem que o espaço de ação próximo ao corpo tem processamento privilegiado no controle das ações. Na primeira tarefa, o favorecimento do espaço de ação inferior foi demonstrado através de uma melhor estimativa de distância (constante de erro menor em relação aos apontamentos feitos no espaço de ação superior). Krigolson e Heath (2006) relataram não haver diferença entre os campos visuais superior e inferior para o parâmetro constante de erro. Porém, no paradigma utilizado por estes autores a posição do alvo era inesperadamente perturbada, criando a necessidade de modificar a trajetória do movimento inicialmente planejado. Na segunda tarefa do presente estudo, os sujeitos deveriam estimar o tamanho do alvo para fazer o apontamento. O favorecimento do espaço de ação inferior foi demonstrado através de uma menor área de dispersão dos apontamentos no espaço

de ação inferior em relação ao superior. Tal achado de medida de precisão se assemelha ao estudo de Krigolson e Heath (2006), em que relataram que os benefícios espaciais do campo visual inferior influenciam na efetividade da correção do movimento realizado com membro superior.

O favorecimento no processamento das ações realizadas no espaço próximo ao corpo tem sido motivo de debates na literatura. Danckert e Goodale (2001) encontraram que a relação entre velocidade e exatidão (Lei de Fitts) era mantida apenas nos apontamentos feitos no campo visual inferior, e, observando o deslocamento radial, que os apontamentos feitos no campo visual inferior eram menos dispersos do que os do campo visual superior, exceto para o menor alvo, onde não havia diferença entre os campos. Em 2000, utilizando o mesmo paradigma de 2001, Danckert e Goodale demonstraram que o favorecimento do campo visual inferior estava presente durante a imaginação de movimentos de apontar. Nosso estudo demonstrou não haver diferença entre o tempo de movimento dos apontamentos feitos no espaço de ação superior e inferior.

Binsted e Heath (2004), também pesquisaram as possíveis diferenças no desempenho visuomotor entre os campos visuais superior e inferior, porém criticaram os índices de dificuldade utilizados por Danckert e Goodale (2001), bem como o posicionamento dos pontos fixação, alinhados com o ponto de partida. Estes autores utilizaram maiores índices de dificuldade e modificaram o posicionamento dos pontos de fixação, alinhando-os com o alvo, de forma a remover potenciais efeitos da visão periférica. Encontraram que a relação entre velocidade e exatidão (lei de Fitts) não diferia entre os campos visuais. Nosso estudo demonstrou que os índices de dificuldade propostos por Danckert e Goodale em 2001 são suficientes para demonstrar a relação

entre velocidade e exatidão, através de um paradigma utilizando pontos de fixação em alinhamento com o ponto de partida, porém, tal qual Binsted e Heath (2004), nosso estudo demonstrou não haver diferença entre o tempo de movimento dos apontamentos feitos no espaço de ação superior e inferior.

Binsted e Heath (2004), através da dispersão dos apontamentos feitos pelos sujeitos, observaram que a variabilidade de erro no campo visual superior era maior na condição em que a visão do alvo não era permitida durante o movimento, enquanto que os apontamentos feitos no campo visual inferior não apresentavam diferença em relação à condição em que a visão do alvo era permitida durante o movimento. Eles concluíram que esse benefício do campo visual inferior ocorreria em função de um melhor planejamento motor. Nosso experimento também englobou duas situações visuais, porém diferentes que as utilizadas por Binsted e Heath (2004). Na primeira, o sujeito era privado de qualquer informação visual e na segunda, a visão estava presente por todo o teste. Na segunda tarefa executada pelos voluntários, uma de nossas medidas de precisão (área de dispersão dos apontamentos) detectou diferença entre os espaços de ação, sendo os voluntários mais precisos durante os apontamentos feitos no espaço de ação inferior, quando as condições olhos abertos e olhos fechados eram somadas. Porém, ao observar o percentual de acertos dos sujeitos em ambas às tarefas, não foi encontrada diferença entre os apontamentos feitos no espaço de ação superior ou inferior, independente da condição visual.

Para Khan e Lawrence (2005), o fato de Danckert e Goodale (2001) não encontrarem diferença no deslocamento radial no menor alvo era intrigante. Observando a variabilidade das distâncias percorridas até diferentes marcadores cinemáticos (pico de aceleração, pico de velocidade, pico de desaceleração e posição

final do toque no alvo), verificaram que a diferença entre os campos visuais foi evidenciada nos estágios finais do movimento, ou seja, no pico de desaceleração e na posição final do toque no alvo. A variabilidade das distâncias percorridas até esses marcadores cinemáticos foi menor nos apontamentos feitos no campo visual inferior, fato que atribuíram à vantagem do campo visual inferior em processar melhor as informações visuais disponíveis, utilizando-as para fazer mais correções. Nosso estudo demonstrou benefícios espaciais no espaço de ação inferior quando as condições olhos abertos e olhos fechados eram somadas, observados pelos parâmetros constante de erro (experimento 1) e área de dispersão dos apontamentos (experimento 2). Porém, tal qual Khan e Lawrence (2005) e Binsted e Heath (2004), um de nossos parâmetros (erro variável no eixo Y) apresentou benefícios espaciais no espaço de ação inferior apenas quando a visão do alvo estava disponível, ou seja, para esse parâmetro, a informação visual disponível durante o movimento foi importante para que os sujeitos tivessem um melhor desempenho espacial no espaço de ação inferior, não sendo, portanto esse melhor desempenho relacionado apenas a uma melhor capacidade de planejamento motor. Uma hipótese para este achado seria o fato da tarefa de apontamentos laterais ser executada primariamente no eixo X. Embora os sujeitos tenham conseguido primar pelo eixo principal da tarefa (X) utilizando a informação visual disponível, o eixo Y revelou os erros dos voluntários, e as conseqüentes diferenças na representação do espaço de ação por estar submetido a um menor controle visuomotor. Vale lembrar que no experimento 1 (tarefa com as distâncias do alvo variando), o parâmetro área de dispersão dos apontamentos não evidenciou diferença entre os espaços de ação, quando as condições olhos abertos e olhos fechados eram somadas. Já no experimento 2 (tarefa com o tamanho dos alvos variando), o parâmetro área de

dispersão dos apontamentos demonstrou diferenças entre os espaços de ação quando as condições olhos abertos e olhos fechados eram somadas, sendo os sujeitos mais precisos no espaço de ação inferior. Como o achado do parâmetro erro variável no eixo Y ocorreu para ambos os experimentos, nossa primeira hipótese para explicar o ocorrido foi pesquisar o ângulo de inclinação das elipses formadas pela área de dispersão. Porém, tal parâmetro não evidenciou nenhum efeito, principal ou de interação, significativo de espaço de ação para ambos os experimentos. Observamos que a dispersão dos valores do parâmetro ângulo de inclinação da elipse é bem maior em comparação a dispersão dos valores do parâmetro erro variável no eixo Y em ambas as tarefas, e então pensamos em uma segunda hipótese: mais de uma elipse poderia satisfazer um mesmo valor de erro variável no eixo Y, o que justificaria o fato de valores estatisticamente significativos serem encontrados para o parâmetro erro variável no eixo Y e não serem encontrados para o parâmetro ângulo de inclinação da elipse.

Intrigou-nos o fato do parâmetro área de dispersão dos apontamentos ter evidenciado diferenças entre os espaços de ação, independente da condição visual na tarefa 2 (na qual o tamanho dos alvos variava), já que o parâmetro erro variável no eixo Y (que é um dos componentes da elipse gerada em torno da área de dispersão dos apontamentos) ter evidenciado diferença entre os espaços de ação superior e inferior apenas com os olhos abertos, em ambas as tarefas executadas pelos voluntários. Realizamos então comparações planejadas para os dados obtidos através do parâmetro área de dispersão dos apontamentos na tarefa 2, no intuito de verificar se a diferença observada entre os espaços de ação seria puramente independente da condição visual. Observamos que a diferença entre os espaços de ação é mantida

apenas para os apontamentos feitos com os olhos abertos. O mesmo aconteceu quando realizamos comparações planejadas para os dados obtidos através do parâmetro área de dispersão dos apontamentos na tarefa 1 na qual a distância dos alvos variava), e que inicialmente não havia evidenciado diferenças entre os espaços de ação. Concluímos que a diferença entre os espaços de ação observada pelo parâmetro constante de erro (na tarefa 1) e pelo parâmetro área de dispersão dos apontamentos não é independente da condição visual. Tal efeito não parece ser robusto o bastante para ser demonstrado isoladamente com os olhos abertos e torna-se evidente pela ANOVA quando as condições olhos abertos e olhos fechados são somadas.

Em conclusão, há falta de consenso entre as possíveis diferenças no desempenho visuomotor entre os campos visuais superior e inferior, possivelmente porque os paradigmas e os parâmetros analisados são bastante diferentes. No entanto, diversos trabalhos falam a favor de que o espaço próximo ao corpo tenha um processamento privilegiado.

Estes resultados comportamentais têm forte correlato anatomo-funcional. Crucio e Allen (1990) demonstraram em humanos que a densidade de células ganglionares na hemi-retina superior é cerca de 60% maior do que na hemi-retina inferior. Segundo Galletti et al. (1999) a hemi-retina superior projeta-se fortemente para a via dorsal. Ainda segundo estes autores, as áreas V6 e V6a do córtex parietal posterior, engajadas na coordenação olho-mão durante os movimentos de alcance com o membro superior no espaço próximo ao corpo, teriam ênfase nas representações periféricas principalmente relacionadas ao campo visual inferior. Graziano et al. (2004), demonstraram através de um estudo do comportamento de macacos que a presença

da mão seria mais freqüente no espaço central em frente ao peito e a boca (onde os objetos pegos eram trazidos e manipulados) e no espaço inferior em frente e na lateral do corpo.

Há preponderância da representação do campo inferior no córtex visual primário de primatas e humanos. Van Essen et al. (1984) demonstraram que mais área cortical visual primária é devotada ao campo visual inferior em relação ao campo visual superior em primatas. Portin et al. (1999) e Chen et al. (2004) demonstraram que a ativação dos córtices visuais primário e secundário humano foi mais forte para estímulos no campo inferior em relação ao superior.

Brown et al. (2005) demonstraram que estímulos periféricos são processados diferentemente para a percepção e para a ação, e que o campo visual inferior é especializado para o controle da precisão manual.

Finalmente, o conceito dos espaços de ação tem sido aplicado também no estudo de pacientes com lesão cerebral. Halligan e Marshall (1991) demonstraram que uma negligência espacial severa à esquerda no espaço peripessoal pode coexistir com nenhuma ou quase nenhuma negligência no espaço extrapessoal, evidenciando assim a existência de uma dicotomia entre os espaços de interação do sujeito com o meio externo.

Tomadas em conjunto, estas evidências parecem confirmar o postulado de Previc (1990, 1998), que propôs que o campo visual inferior dos humanos, correlacionado com espaço peripessoal, possui favorecimento para o controle das ações. O privilégio do campo visual inferior tem sido relatado também em estudos envolvendo a atenção (He e colaboradores, 1996) e a percepção visual (Carlsen e colaboradores, 2007).

Assim como Danckert e Goodale (2001), em nosso experimento nós não monitoramos os movimentos dos olhos. Porém, se os sujeitos tivessem maior dificuldade em manter a atenção e os olhos no ponto de fixação inferior, trazendo assim os alvos para a fóvea, isso deveria reduzir qualquer diferença entre os espaços de ação. Por outro lado, se os voluntários tendessem a fovear o alvo, isso também poderia acontecer independentemente da condição experimental (campo visual superior x inferior). Porém, não foi o que aconteceu. Em ambas as tarefas, os apontamentos feitos em ambas as condições visuais evidenciaram diferenças na representação do espaço de ação. Tal qual Danckert e Goodale (2001), a ausência de monitoramento ocular parece não ter tido influência sobre os resultados.

5.2) OLHOS ABERTOS X FECHADOS - O PAPEL DA RETROALIMENTAÇÃO VISUAL

O papel da retroalimentação visual tem sido motivo de debates na literatura (Connolly e Goodale, 1999, Desmurget e Grafton 2003). Em nosso experimento, a ausência de retroalimentação visual direta (condição olhos fechados) prejudicou o desempenho motor, fato evidente em praticamente todos os parâmetros analisados. Apenas o parâmetro constante de erro, analisado na segunda tarefa, não evidenciou diferença entre as condições visuais. Nesta tarefa, a distância do ponto de partida até o centro do alvo era fixa em três cm, sendo equivalente a distância mais próxima da primeira tarefa, onde também não foi evidente diferença entre as condições visuais para o parâmetro constante de erro. Uma possível hipótese seria que, para esta distância, o

plano motor prescindiria da informação visual para estimar a distância do alvo. Porém parece existir um limite ótimo para a utilização da informação visual disponível para o sistema motor durante o movimento. Na primeira tarefa, a diferença no percentual de acertos entre as condições visuais (olhos abertos x olhos fechados) só foi observada nos apontamentos feitos para o alvo mais próximo. Nas situações em que o alvo se encontrava mais distante, o percentual de acertos caiu para ambas as condições. Na segunda tarefa, a diferença no percentual de acertos entre as condições visuais só foi observada para os alvos intermediários. No entanto, para os dois menores alvos, bem como para o maior alvo, o plano motor em ação pareceu prescindir da informação visual. Segundo Woodworth (1889) apud Desmurget e Grafton (2003), a exatidão dos movimentos seria afetada pela velocidade da mão apenas quando a visão do movimento era permitida, efeito que não ocorria quando era pedido aos sujeitos que fizessem apontamentos com os olhos fechados. Os movimentos com os olhos abertos eram mais precisos, pois poderiam ser controlados visualmente. Nossos resultados demonstram que existem situações nas quais mesmo a retroalimentação visual estando disponível, ela não é um fator determinante para a melhora do desempenho motor.

Em conclusão, a visão auxilia o desempenho motor informando-nos da trajetória executada e permitindo que correções pertinentes sejam realizadas, porém, nem sempre a disponibilidade da visão torna o movimento mais preciso em relação ao mesmo feito em sua ausência. No presente estudo, tanto nas situações de maior facilidade (alvo maior, distância mais próxima) quanto nas situações de maior dificuldade (alvos menores, maiores distâncias), onde o nível de detectabilidade do alvo era menos viável, os voluntários pareceram prescindir da informação visual disponível, apresentando um mesmo nível de desempenho motor.

5.3) RELAÇÃO ENTRE VELOCIDADE E EXATIDÃO (LEI DE FITTS)

A relação entre velocidade e exatidão tem sido demonstrada em vários tipos de tarefas de apontamento (Sirigu et al., 1995; Sirigu et al., 1996; Cerritelli et al., 2000; Danckert e Goodale, 2001; Binsted e Heath, 2004), inclusive durante a imaginação (Danckert e Goodale, 2000; Sirigu et al., 1995; Sirigu et al., 1996; Cerritelli et al., 2000), e percepção de movimentos biológicos e não biológicos de outros (Grosjean et al., 2007).

Em nosso estudo, a relação entre velocidade e exatidão se manteve durante os apontamentos com os olhos fechados em ambas às tarefas, falando a favor de que esta relação seja inerente ao planejamento motor. Este achado contradiz as observações da monografia de Woodworth (1889) apud Desmurget e Grafton (2003), na qual cita que a exatidão dos movimentos não é afetada pela velocidade da mão quando a visão do movimento não é permitida (Woodworth, 1889). A relação entre velocidade e exatidão observada na presença de retroalimentação visual poderia ser explicada pela inabilidade dos sujeitos para controlarem seus movimentos visualmente quando a velocidade da mão sobe além do limiar crítico. Quando a visão está disponível, além das informações proprioceptivas e táteis, temos as informações visuais sendo atualizadas para executar os movimentos. Além disso, possuímos as alças internas de retroalimentação (proprioceptivas, táteis e visuais), auxiliando em nossa representação interna do espaço. Quando os olhos estão fechados, alça de retroalimentação visual ainda fica disponível, na forma de memória visual (Desmurget e Grafton, 2003). Nesse caso, o intercambio entre velocidade e exatidão passa a depender destas alças internas de regulação da ação.

A relação entre velocidade e exatidão tem sido demonstrada durante a imaginação de movimentos de apontar (Danckert e Goodale, 2000; Sirigu et al., 1995; Sirigu et al., 1996; Cerritelli et al., 2000). Nesses estudos, os sujeitos deveriam se imaginar estar realizando movimentos de apontar sem de fato executá-los. A lei de Fitts é mantida durante a imaginação de movimentos, situação onde os sujeitos incorporam a dificuldade da tarefa no plano motor.

Nossos resultados demonstram que a lei de Fitts é obedecida com os olhos fechados, falando a favor de que o plano motor prescinde da informação visual para incorporar a dificuldade da tarefa.

Prablanc et al. (1979) demonstraram em uma tarefa de apontamento manual que a lei de Fitts estava presente mesmo sem a visão da mão durante o movimento. A visão do alvo e as informações extra-retinianas sobre o posicionamento da mão atualizariam as representações internas sobre o posicionamento do alvo. Em nosso experimento, a lei de Fitts evidenciou-se na ausência completa de retroalimentação visual. As informações táteis obtidas durante a exploração dos contornos dos estímulos e as informações da mão em movimento permitiram ao sistema ser informado de forma eficaz sobre a posição e o tamanho do alvo a ser atingido.

6 CONCLUSÕES

A lei de Fitts é uma lei cinemática que reflete o desempenho de uma tarefa, ou seja, o quanto o sujeito consegue ser veloz abdicando o mínimo possível da precisão do movimento. Neste estudo, a lei de Fitts foi pioneiramente demonstrada na ausência completa de retroalimentação visual, evidenciando que a dificuldade da tarefa esteja embutida no planejamento motor. Outros mecanismos de controle, que não a retroalimentação visual direta, parecem ser utilizados na tentativa de cumprir as tarefas de forma eficiente.

Os movimentos executados em ambos os espaços de ação obedeceram à lei de Fitts. Portanto, o parâmetro tempo de movimento não foi sensível em detectar as possíveis diferenças no desempenho motor existentes entre os espaços de ação. Porém, os parâmetros constante de erro (no experimento 1) e área de dispersão dos apontamentos (no experimento 2) foram sensíveis em detectar tais diferenças, bem como o parâmetro erro variável no eixo Y com os olhos abertos (em ambos os experimentos), demonstrando o favorecimento do espaço de ação inferior. O espaço de ação inferior é o local de realizações de tarefas habilidosas, que requerem precisão. Seu favorecimento foi verificado quando as condições olhos abertos e olhos fechados são somadas, falando a favor de que se consiga processar melhor as informações sensoriais no espaço de ação inferior do que o espaço de ação superior no controle das ações.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BINSTED, G. e HEATH, M. (2005). No evidence of a lower visual field specialization for visuomotor control. **Experimental Brain Research** v.162, no.1: p. 89-94.

BROWN, L.E.; BROOKE, A. E GOODALE, M.A. (2005). Peripheral vision for perception and action. **Experimental Brain Research** v.165: p. 97-106.

CARLSEN, A.N.; MASLOVAT, D.; CHUA, R. e FRANKS, I. M. (2007). Perceptual processing time differences owing to visual field asymmetries. **NeuroReport** v.18, no.10: p. 1067-1070.

CERRITELLI, B.; MARUFF, P.; WILSON, P. E CURRIE, J. (2000). The effect of external load on the force and timing components of mentally represented actions. **Behavioural Brain Research** v.108: p. 91-96.

CHEN, H.; YAO, D. e LIU, Z. (2004). A study on asymmetry of spatial visual field by analysis of the BOLD response. **Brain Topography** v.17, no.1: p. 39-46.

CONNOLLY, J.D. e GOODALE, M.A. (1999). The role of visual feedback of hand position in the control of manual prehension. **Experimental Brain Research** v.125: p. 281-286.

CURCIO, C.A. e ALLEN, K.A. (1990). Topography of ganglion cells in human retina. **The Journal of Comparative Neurology** v.300: p. 5-25.

DANCKERT, J. e GOODALE, M.A. (2000). Real and imagined movements in the upper and lower visual fields. **Cognitive Neuroscience Society** Abstr. 67.

DANCKERT, J. e GOODALE, M.A. (2001). Superior performance of visually guided pointing in the lower visual field. **Experimental Brain Research** v.137: p. 303-308.

DANCKERT, J. e GOODALE, M.A. (2003). Ups and Downs in the visual control of action. In Johnson-Frey SH (Ed), Taking action: cognitive neuroscience perspectives on intentional acts (pp. 289-338). Cambridge, Mass.: MIT Press.

DESMURGET, M. e GRAFTON, S. (2003). Feedback or feedforward control: end of a dichotomy. In Johnson-Frey SH (Ed), Taking action: cognitive neuroscience perspectives on intentional acts (pp. 289-338). Cambridge, Mass.: MIT Press.

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

FRISBY, J.P. (1980). Seeing: Illusion, Brain and Mind. Oxford: Oxford University Press.

GALLETTI, C.; FATTORI, P.; GAMBERINI, M. e KUTZ, D.F. (1999). The cortical visual area V6: brain location and visual topography. **European Journal of Neuroscience** v.11: p. 3922-3936.

GATTASS, R.; MOLL, J.; MAGALHÃES, P.P.; FARIAS, M.F.; VENTURA, P. e FEITOSA, P.H. O pensamento: Mapeamento de imagens. **Cérebro & Mente**, n.10, jan. 2000. Disponível em: <http://www.cerebromente.org.br/n10/mente/pensamento1.html>. Acesso em: (11 de dezembro de 2007).

GEORGOPOULOS, A.P. e MASSEY, J.T. (1987). Cognitive spatial-motor processes. **Experimental Brain Research** v.65: p. 361-370.

GOODALE, M.A. e MILNER, D.A. (1992). Separate visual pathways for perception and action. **Trends in Neuroscience** v. 15, no.1: p.20-25.

GRAZIANO, M.S.A.; COOKE, D.F.; TAYLOR, C.S.R. e MOORE, T. (2004). Distribution of hand location in monkeys during spontaneous behavior. **Experimental Brain Research** v.155: p. 30-36.

GROSJEAN, M.; SHIFFRIN, M. e KNOBLICH, G. (2007). Fitts' law holds for action perception. **Psychological Science** v. 18, no.2: p.95-99.

HALLIGAN, P.W. e MARSHALL, J.C. (1991). Left neglect for near but not far space in man. **Nature** v. 350: p. 498-500.

HE, S.; CAVANAGH, P. e INTRILIGATOR, J. (1996). Attentional resolution and the locus of visual awareness. **Nature** v. 383: p. 334-337.

JEANNEROD, M.; ARBIB, M.A.; RIZZOLATTI, G. e SAKATA, H. (1995). Grasping objects: the cortical mechanisms of visuomotor transformation. **Trends in Neuroscience** v.18: p. 314 -320.

DANCKERT, J. e GOODALE, M.A. (2003). Ups and Downs in the visual control of action. In Johnson-Frey SH (Ed), Taking action: cognitive neuroscience perspectives on intentional acts (pp. 289-338). Cambridge, Mass.: MIT Press.

JEANNEROD, M. (1997). Design for a motor representation. In Farah, M.J. e Johnson, M.H. (Ed), The cognitive neuroscience of action (p.168). Cambridge, Mass.

KASKI, D. (2002). Revision: Is visual perception a requisite for visual imagery? **Perception** v. 31: p. 717-731.

KHAN, M.A. e LAWRENCE, G.P. (2005). Differences in visuomotor control between the upper and lower visual fields. **Experimental Brain Research** v.164: p. 395-398.

KOSSLYN, S.M.; GANIS, G. e THOMPSON, W.L. (2001). Neural foundations of imagery. **Neuroscience** v. 2: p. 635-642.

KRIGOLSON, O. e HEATH, M. (2006). A lower visual field advantage for endpoint stability but no advantage for online movement precision. **Experimental Brain Research** v.170: p. 127-135.

MILNER, A.D. e GOODALE, M.A. (1995). Introduction: vision from a biological viewpoint. In Oxford Psychology series (pp. 1-24). Oxford New York Toronto: Oxford University Press.

OLDFIELD, R.C. (1972). The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. **Neuropsychologia** v.9: p. 97-113.

PORTIN, K.; VANNI, S.; VIRSU, V. E HARI, R. (1999). Stronger occipital cortical activation to lower than upper visual field stimuli. **Experimental Brain Research** v.124: p. 287-294.

PREVIC, F.H. (1990). Functional specialization in the lower and upper visual fields in humans: Its ecological origins and neurophysiological implications. **Behavioral and Brain Sciences** v.13: p. 519-542.

PREVIC, F.H. (1998). The neuropsychology of 3-D space. **Psychological Bulletin** v.124, no.2: p. 123-164.

PRABLANC, C.; ECHALLIER, J.F.; KOMILIS, E. E JEANNEROD, M. (1979). Optimal response of eye and hand motor systems in pointing at a visual target. **Biological Cybernetics** v. 35: p. 113-124.

PRABLANC, C. ; PÉLISSON, D. E GOODALE, M.A. (1986). Visual control of reaching movements without vision of the limb. **Experimental Brain Research** v.62: p. 293-302.

QUILLFELDT, J. A. (2002). Neurociências – Desvendando o Sistema Nervoso. O olho (cap. 9, pp. 281-312), 2ª Ed. Artmed.

SIRIGU, A.; COHEN, L.; DUHAMEL, J.R. PILLON, B. ; DUBOIS, B.; AGID, Y. e PIERROT-DESEILLIGNY, C. (1995). Congruent unilateral impairments for real and imagined movements. **Cognitive Neuroscience and Neuropsychology** v.6, no.79: p. 997-1001.

SIRIGU, A.; DUHAMEL, J.R.; COHEN, L.; PILLON, B. ; DUBOIS, B. e AGID, Y. (1996). The mental representation of hand movements after parietal cortex damage. **Science** v. 273: p. 1564-1568.

UNGERLEIDER, L.G. e MISHKIN, M. (1982). Two cortical visual systems. In Ingle, D.J.; Goodale, M.A. e Mansfield, R.J.W. (Ed), Analysis of visual behavior, (pp. 549-585). Cambridge, Mass.: MIT Press.

WURTZ, R. H. e KANDEL, E. R. (2004). Princípios da Neurociência. Vias Visuais Centrais (cap 27, pp. 523-546), 4º Ed. Manole Ltda.

VAN ESSEN, D.C.; WILLIAM, T. E MAUNSELL, H.R. (1984). The visual field representation in striate cortex of the macaque monkey: asymmetries, anisotropies and individual variability. **Vision Research** v.24, no.5: p.429-448.

ANEXO 01

Consentimento Livre e Esclarecido

Eu, _____, voluntariamente, consinto em participar como sujeito de um estudo de avaliação do desempenho sensorial e/ou motor do Laboratório de Neurobiologia II da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

A sessão experimental tem duração de aproximadamente 1 hora e não representa nenhum risco potencial para o participante.

O experimento consiste em uma tarefa de apontamento manual de um ponto de partida até um alvo. A primeira parte da tarefa será realizada com os olhos vendados e a segunda parte com os olhos abertos.

Estou ciente que devo preencher com máxima sinceridade a ficha de anamnese, relatando doenças pré-existentes, medicamentos em uso e informações sobre prática de atividades física.

As informações a serem obtidas durante o estudo ficarão restritas a fins científicos, tendo garantida minha privacidade.

Li e compreendi estas informações, tomando ciência do objetivo do estudo já discutido com o pesquisador. Se, a qualquer momento durante o teste, novas dúvidas e perguntas surgirem, disponho de total liberdade para me dirigir ao responsável pelo mesmo, afim de esclarecê-las. Além disso, tenho direito garantido de desistir a qualquer momento.

Tendo em vista minha contribuição para o andamento da citada pesquisa, declaro estar de acordo com os procedimentos do experimento.

Assinatura:

Data: __/ __/ ____.

ANEXO 02

Anamnese

Data: __/ __/ __

1) Dados Pessoais

Nome: _____
Telefone: _____ E-mail: _____

2) Dados Físicos

Idade: _____ anos Estatura: _____ m Peso: _____ kg

3) Pratica alguma atividade física?

() Sim

- Qual?
- Frequência semanal:
- Última vez que praticou:

() Não

- Já praticou?
- Qual?
- Por quanto tempo?

4) Dados Clínicos:

Você bebe? Qual a frequência semanal?

Você fuma? Qual a frequência semanal?

Utiliza drogas? Qual a frequência semanal?

Utiliza algum medicamento?

Apresenta algum distúrbio neurológico?

Apresenta algum distúrbio visual? Se sim, qual? É corrigido?

Apresenta algum problema ósteo-mio-articular?

ANEXO 03

Questionário de Lateralidade

Nome: _____ .
Idade: _____ anos.
Data do teste: ____/____/____ .

Perguntas:

1) Você já teve alguma tendência a ser canhoto? () Sim () Não

2) Existe alguém canhoto na sua família? () Sim () Não
Quem? _____ .

Indique a preferência manual nas seguintes atividades assinalando + na coluna apropriada.
Quando a preferência for tão forte de modo a não ser capaz de usar a outra, assinale ++.
Se não existir preferência, assinale + nas duas colunas.

ATIVIDADE	DIREITA	ESQUERDA
1) Escrever		
2) Desenhar		
3) Jogar uma pedra		
4) Usar uma tesoura		
5) Usar um pente		
6) Usar uma escova de dentes		
7) Usar uma faca (sem o uso do garfo)		
8) Usar uma colher		
9) Usar um martelo		
10) Usar uma chave de fenda		
11) Usar uma raquete de tênis		
12) Usar uma faca com o garfo		
13) Usar uma vassoura (observar a mão superior)		
14) Usar um alicinho (rodo) (observar a mão superior)		
15) Acender um fósforo		
16) Abrir um vidro com tampa (mão que segura a tampa)		
17) Dar as cartas		
18) Enfiar a linha na agulha (mão que segura o que se move)		
19) Com que pé você prefere chutar		

ANEXO 04

Resultados da ANOVA

Experimento 1: distâncias do alvo variando

Percentual de acertos			
Resultado da ANOVA	Valor F	Graus de liberdade	Valor p
Espaço de ação	1,1	1	,305
Olho	29,5	1	,000*
Bloco	,2	2	,840
Espaço de ação*Olho	,5	1	,494
Espaço de ação*Bloco	1,1	2	,340
Olho*Bloco	1,0	2	,380
Espaço de ação*Olho*Bloco	,1	2	,878
Distância	408	2	,000*
Distância*Espaço de ação	,1	2	,933
Distância*Olho	28,1	2	,000*
Distância*Bloco	,1	4	,965
Distância*Espaço de ação*Olho	,7	2	,489
Distância*Espaço de ação*Olho*Bloco	,3	4	,902
Distância*Olho*Bloco	,0	4	,995
Distância*Espaço de ação*Bloco	,2	4	,928

Constante de erro			
Resultado da ANOVA	Valor F	Graus de liberdade	Valor p
Espaço de ação	5,5	1	,020*
Olho	34,3	1	,000*
Bloco	,7	2	,477
Espaço de ação*Olho	,0	1	,980
Espaço de ação*Bloco	,8	2	,473
Olho*Bloco	2,5	2	,086
Espaço de ação*Olho*Bloco	,1	2	,883
Distância	415	2	,000*
Distância*Espaço de ação	,1	2	,880
Distância*Olho	5,3	2	,005*
Distância*Bloco	1,0	4	,418
Distância*Espaço de ação*Olho	,6	2	,546
Distância*Espaço de ação*Olho*Bloco	,2	4	,917
Distância*Olho*Bloco	,6	4	,632
Distância*Espaço de ação*Bloco	,7	4	,581

Área			
Resultado da ANOVA	Valor F	Graus de liberdade	Valor p
Espaço de ação	,1	1	,711
Olho	88,3	1	,000*
Bloco	,1	2	,950
Espaço de ação*Olho	6,4	1	,012*
Espaço de ação*Bloco	,5	2	,588
Olho*Bloco	,1	2	,948
Espaço de ação*Olho*Bloco	,9	2	,393
Distância	131	2	,000*
Distância*Espaço de ação	1,9	2	,146
Distância*Olho	30,6	2	,000*
Distância*Bloco	,3	4	,854
Distância*Espaço de ação*Olho	,0	2	,985
Distância*Espaço de ação*Olho*Bloco	,3	4	,853
Distância*Olho*Bloco	,9	4	,437
Distância*Espaço de ação*Bloco	,7	4	,558

Tempo			
Resultado da ANOVA	Valor F	Graus de liberdade	Valor p
Espaço de ação	,3	1	,574
Olho	174	1	,000*
Bloco	1,0	2	,375
Espaço de ação*Olho	,6	1	,451
Espaço de ação*Bloco	,0	2	,995
Olho*Bloco	,1	2	,889
Espaço de ação*Olho*Bloco	,2	2	,802
Distância	375	2	,000*
Distância*Espaço de ação	1,2	2	,290
Distância*Olho	26,5	2	,000*
Distância*Bloco	1,8	4	,124
Distância*Espaço de ação*Olho	4,0	2	,019*
Distância*Espaço de ação*Olho*Bloco	,5	4	,762
Distância*Olho*Bloco	,1	4	,974
Distância*Espaço de ação*Bloco	,3	4	,904

Erro variável no eixo X			
Resultado da ANOVA	Valor F	Graus de liberdade	Valor p
Espaço de ação	2,5	1	,118
Olho	72,9	1	,000*
Bloco	,3	2	,757
Espaço de ação*Olho	,6	1	,423
Espaço de ação*Bloco	,1	2	,926
Olho*Bloco	,3	2	,720
Espaço de ação*Olho*Bloco	,2	2	,831
Distância	180	2	,000*
Distância*Espaço de ação	1,6	2	,200
Distância*Olho	34,6	2	,000*
Distância*Bloco	,6	4	,656
Distância*Espaço de ação*Olho	2,7	2	,067
Distância*Espaço de ação*Olho*Bloco	,7	4	,598
Distância*Olho*Bloco	,7	4	,607
Distância*Espaço de ação*Bloco	,3	4	,891

Erro variável no eixo Y			
Resultado da ANOVA	Valor F	Graus de liberdade	Valor p
Espaço de ação	1,24	1	,266
Olho	46,7	1	,000*
Bloco	,18	2	,835
Espaço de ação*Olho	20,9	1	,000*
Espaço de ação*Bloco	1,62	2	,200
Olho*Bloco	,32	2	,724
Espaço de ação*Olho*Bloco	,38	2	,684
Distância	62,7	2	,000*
Distância*Espaço de ação	,95	2	,388
Distância*Olho	7,64	2	,001*
Distância*Bloco	,30	4	,878
Distância*Espaço de ação*Olho	,40	2	,670
Distância*Espaço de ação*Olho*Bloco	,66	4	,622
Distância*Olho*Bloco	1,28	4	,276
Distância*Espaço de ação*Bloco	,18	4	,947

Angulo da elipse			
Resultado da ANOVA	Valor F	Graus de liberdade	Valor p
Espaço de ação	,58	1	,445
Olho	1,13	1	,289
Bloco	,3	2	,737
Espaço de ação*Olho	,95	1	,329
Espaço de ação*Bloco	,43	2	,646
Olho*Bloco	,45	2	,633
Espaço de ação*Olho*Bloco	1,25	2	,288
Distância	3,3	2	,038*
Distância*Espaço de ação	,12	2	,883
Distância*Olho	5,44	2	,005*
Distância*Bloco	,95	4	,434
Distância*Espaço de ação*Olho	2,21	2	,110
Distância*Espaço de ação*Olho*Bloco	,7	4	,586
Distância*Olho*Bloco	,36	4	,836
Distância*Espaço de ação*Bloco	1,1	4	,347

Experimento 2: tamanho dos alvos variando

Percentual de acertos			
Resultado da ANOVA	Valor F	Graus de liberdade	Valor p
Espaço de ação	,6	1	,448
Olho	67,6	1	,000*
Bloco	,2	2	,824
Espaço de ação*Olho	,0	1	1,00
Espaço de ação*Bloco	1,0	2	,373
Olho*Bloco	,1	2	,929
Espaço de ação*Olho*Bloco	,0	2	,976
Alvo	722	4	,000*
Alvo*Espaço de ação	,4	4	,839
Alvo*Olho	14,9	4	,000*
Alvo*Bloco	,5	8	,884
Alvo*Espaço de ação*Olho	,6	4	,656
Alvo*Espaço de ação*Olho*Bloco	,4	8	,942
Alvo*Olho*Bloco	,6	8	,751
Alvo*Espaço de ação*Bloco	,5	8	,841

Constante de erro			
Resultado da ANOVA	Valor F	Graus de liberdade	Valor p
Espaço de ação	,06	1	,804
Olho	27,7	1	,000*
Bloco	,17	2	,844
Espaço de ação*Olho	1,36	1	,245
Espaço de ação*Bloco	,43	2	,654
Olho*Bloco	,41	2	,661
Espaço de ação*Olho*Bloco	,08	2	,920
Alvo	10,7	4	,000*
Alvo*Espaço de ação	,70	4	,595
Alvo*Olho	,40	4	,808
Alvo*Bloco	,27	8	,976
Alvo*Espaço de ação*Olho	,54	4	,705
Alvo*Espaço de ação*Olho*Bloco	,43	8	,905
Alvo*Olho*Bloco	,83	8	,577
Alvo*Espaço de ação*Bloco	,23	8	,985

Área			
Resultado da ANOVA	Valor F	Graus de liberdade	Valor p
Espaço de ação	6,86	1	,009*
Olho	47,5	1	,000*
Bloco	,38	2	,683
Espaço de ação*Olho	,52	1	,472
Espaço de ação*Bloco	1,63	2	,198
Olho*Bloco	,40	2	,674
Espaço de ação*Olho*Bloco	,71	2	,493
Alvo	2,92	4	,020*
Alvo*Espaço de ação	1,26	4	,285
Alvo*Olho	1,49	4	,202
Alvo*Bloco	1,87	8	,062
Alvo*Espaço de ação*Olho	,16	4	,959
Alvo*Espaço de ação*Olho*Bloco	1,06	8	,388
Alvo*Olho*Bloco	,90	8	,512
Alvo*Espaço de ação*Bloco	,31	8	,964

Tempo			
Resultado da ANOVA	Valor F	Graus de liberdade	Valor p
Espaço de ação	,5	1	,491
Olho	119	1	0,00*
Bloco	,9	2	,423
Espaço de ação*Olho	,9	1	,339
Espaço de ação*Bloco	,0	2	,954
Olho*Bloco	,0	2	,952
Espaço de ação*Olho*Bloco	,1	2	,935
Alvo	128	4	0,00*
Alvo*Espaço de ação	,6	4	,657
Alvo*Olho	3,3	4	,012*
Alvo*Bloco	,3	8	,968
Alvo*Espaço de ação*Olho	1,3	4	,268
Alvo*Espaço de ação*Olho*Bloco	,2	8	,982
Alvo*Olho*Bloco	,7	8	,685
Alvo*Espaço de ação*Bloco	,2	8	,983

Erro variável no eixo X			
Resultado da ANOVA	Valor F	Graus de liberdade	Valor p
Espaço de ação	,52	1	,471
Olho	53,2	1	,000*
Bloco	,53	2	,590
Espaço de ação*Olho	3,56	1	,061
Espaço de ação*Bloco	1,58	2	,208
Olho*Bloco	2,55	2	,080
Espaço de ação*Olho*Bloco	1,26	2	,286
Alvo	2,33	4	,054
Alvo*Espaço de ação	1,05	4	,381
Alvo*Olho	2,22	4	,065
Alvo*Bloco	1,10	8	,357
Alvo*Espaço de ação*Olho	,31	4	,871
Alvo*Espaço de ação*Olho*Bloco	,76	8	,641
Alvo*Olho*Bloco	1,16	8	,322
Alvo*Espaço de ação*Bloco	,54	8	,825

Erro variável no eixo Y			
Resultado da ANOVA	Valor F	Graus de liberdade	Valor p
Espaço de ação	4,41	1	,037*
Olho	28,1	1	,000*
Bloco	,19	2	,825
Espaço de ação*Olho	7,86	1	,005*
Espaço de ação*Bloco	1,51	2	,224
Olho*Bloco	,22	2	,801
Espaço de ação*Olho*Bloco	,10	2	,907
Alvo	5,13	4	,000*
Alvo*Espaço de ação	2,03	4	,089
Alvo*Olho	1,01	4	,401
Alvo*Bloco	1,31	8	,236
Alvo*Espaço de ação*Olho	1,27	4	,281
Alvo*Espaço de ação*Olho*Bloco	1,32	8	,229
Alvo*Olho*Bloco	1,24	8	,271
Alvo*Espaço de ação*Bloco	,39	8	,927

Ângulo da elipse			
Resultado da ANOVA	Valor F	Graus de liberdade	Valor p
Espaço de ação	,325	1	,569
Olho	1,79	1	,181
Bloco	,303	2	,739
Espaço de ação*Olho	,924	1	,338
Espaço de ação*Bloco	,511	2	,601
Olho*Bloco	,121	2	,886
Espaço de ação*Olho*Bloco	,074	2	,929
Alvo	,930	4	,446
Alvo*Espaço de ação	,907	4	,459
Alvo*Olho	2,55	4	,038*
Alvo*Bloco	,833	8	,573
Alvo*Espaço de ação*Olho	1,29	4	,270
Alvo*Espaço de ação*Olho*Bloco	,736	8	,660
Alvo*Olho*Bloco	1,21	8	,288
Alvo*Espaço de ação*Bloco	1,42	8	,183

ANEXO 05

Tabela com os valores nominais de todas as figuras dos resultados

Experimento 1: tarefa com as distâncias (D) do alvo variando

		Média	Desvio Padrão	Erro Padrão
Figura 18				
Inferior		-11,37	3,85	0,35
Superior		-12,54	4,46	0,41
Figura 19				
Inferior aberto		1,43	3,16	0,51
Inferior fechado		2,49	4,96	0,91
Superior aberto		1,96	4,24	0,67
Superior fechado		2,17	4,32	0,70
Figura 21 (a)				
Superior	D1	0,33	0,07	0,01
	D2	0,40	0,09	0,01
	D3	0,55	0,19	0,02
Inferior	D1	0,33	0,10	0,01
	D2	0,39	0,08	0,01
	D3	0,50	0,11	0,01
Figura 21 (b)				
Superior	D1	0,44	0,10	0,01
	D2	0,59	0,17	0,02
	D3	0,76	0,17	0,02
Inferior	D1	0,45	0,13	0,02
	D2	0,56	0,11	0,01
	D3	0,79	0,23	0,03
Figura 22				
Aberto	D1	0,33	0,08	0,01
	D2	0,39	0,09	0,01
	D3	0,53	0,15	0,01
Fechado	D1	0,44	0,12	0,01
	D2	0,58	0,14	0,01
	D3	0,78	0,20	0,02
Figura 23				
Aberto	D1	86,00	25,08	2,29
	D2	30,33	32,59	2,97
	D3	2,17	6,24	0,57
Fechado	D1	55,00	40,44	3,69
	D2	20,00	28,64	2,61
	D3	6,50	15,59	1,42

Figura 24				
Aberto	D1	2,22	1,62	0,15
	D2	3,53	3,09	0,28
	D3	7,46	6,91	0,63
Fechado	D1	3,44	3,94	0,36
	D2	7,29	6,35	0,58
	D3	18,49	14,17	1,29
Figura 25				
Aberto	D1	-5,06	6,96	0,64
	D2	-8,64	2,80	0,26
	D3	-17,73	4,23	0,39
Fechado	D1	-6,30	4,92	0,45
	D2	-11,76	5,70	0,52
	D3	-22,24	9,15	0,84
Figura 26 (a)				
Aberto	D1	1,95	0,98	0,09
	D2	2,36	1,11	0,10
	D3	3,51	1,67	0,15
Fechado	D1	2,18	1,31	0,12
	D2	3,29	1,65	0,15
	D3	6,18	3,06	0,28
Figura 26 (b)				
Aberto	D1	1,37	0,69	0,06
	D2	1,61	0,89	0,08
	D3	2,10	1,14	0,10
Fechado	D1	1,59	1,02	0,09
	D2	2,27	1,31	0,12
	D3	3,12	1,67	0,15

Experimento 2: tarefa com o tamanho dos alvos (A) variando

	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão
Figura 27			
Inferior	2,46	1,23	0,11
Superior	2,88	1,47	0,13
Figura 28			
Inferior aberto	1,15	0,35	0,05
Inferior fechado	1,61	0,47	0,06
Superior aberto	1,43	0,49	0,06
Superior fechado	1,57	0,44	0,06

Figura 30 (a)				
Superior	A1 (1,5)	0,45	0,15	0,02
	A2 (1,2)	0,41	0,09	0,01
	A3 (0,9)	0,37	0,10	0,01
	A4 (0,6)	0,33	0,08	0,01
	A5 (0,3)	0,31	0,08	0,01
Inferior	A1 (1,5)	0,42	0,13	0,02
	A2 (1,2)	0,38	0,09	0,01
	A3 (0,9)	0,35	0,07	0,01
	A4 (0,6)	0,34	0,09	0,01
	A5 (0,3)	0,29	0,08	0,01
Figura 30 (b)				
Superior	A1 (1,5)	0,54	0,10	0,01
	A2 (1,2)	0,53	0,13	0,02
	A3 (0,9)	0,48	0,10	0,01
	A4 (0,6)	0,43	0,09	0,01
	A5 (0,3)	0,38	0,09	0,01
Inferior	A1 (1,5)	0,55	0,13	0,02
	A2 (1,2)	0,52	0,12	0,02
	A3 (0,9)	0,49	0,12	0,02
	A4 (0,6)	0,41	0,08	0,01
	A5 (0,3)	0,39	0,10	0,01
Figura 31				
Aberto	A1 (1,5)	0,43	0,14	0,01
	A2 (1,2)	0,40	0,09	0,01
	A3 (0,9)	0,36	0,09	0,01
	A4 (0,6)	0,33	0,09	0,01
	A5 (0,3)	0,30	0,08	0,01
Fechado	A1 (1,5)	0,54	0,12	0,01
	A2 (1,2)	0,52	0,12	0,01
	A3 (0,9)	0,48	0,11	0,01
	A4 (0,6)	0,42	0,08	0,01
	A5 (0,3)	0,39	0,10	0,01
Figura 32				
Aberto	A1 (1,5)	7,00	13,63	1,24
	A2 (1,2)	10,00	16,80	1,53
	A3 (0,9)	34,67	30,76	2,81
	A4 (0,6)	85,67	26,08	2,38
	A5 (0,3)	99,50	4,07	0,37
Fechado	A1 (1,5)	4,00	16,52	1,51
	A2 (1,2)	8,50	16,53	1,51
	A3 (0,9)	15,50	23,11	2,11
	A4 (0,6)	57,17	41,02	3,74
	A5 (0,3)	90,33	23,48	2,14

Figura 33		
Aberto	2,12	1,20
Fechado	3,23	1,30
Figura 34 (a)		
Aberto	1,70	0,46
Fechado	2,16	0,52
Figura 34 (b)		
Aberto	1,29	0,45
Fechado	1,59	0,45

OBS: No experimento 2, os alvos estão apresentados com seus respectivos índices de dificuldade em parêntesis.

ANEXO 06

Tamanho real dos estímulos utilizados na tarefa,

Experimento 1:

Distância 1 = 3 cm do ponto de partida até o centro do alvo;

Distância 2 = 5,08 cm do ponto de partida até o centro do alvo;

Distância 3 = 10,16 cm do ponto de partida até o centro do alvo,

Experimento 2:

Alvo 1 = 2 mm de largura;

Alvo 2 = 4 mm de largura;

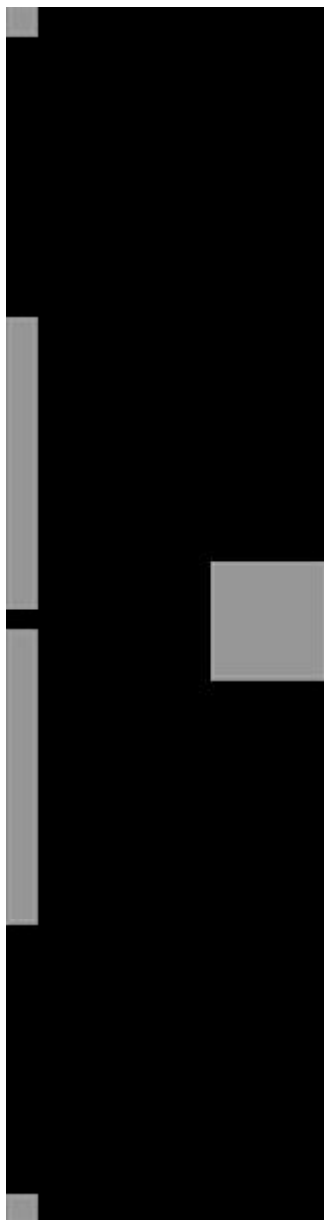
Alvo 3 = 7,5 mm de largura;

Alvo 4 = 15 mm de largura;

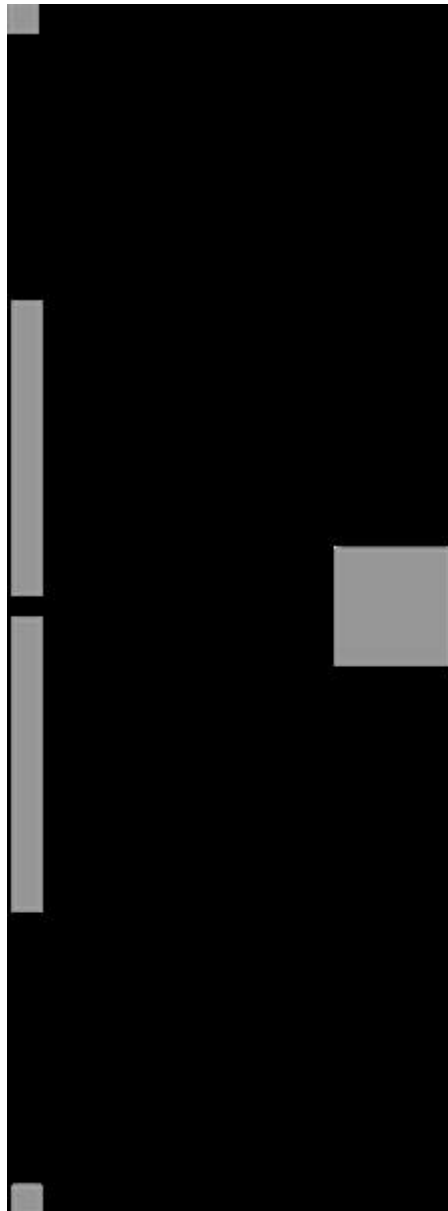
Alvo 5 = 30 mm de largura,

As ilustrações dos estímulos são apresentadas em seqüência,

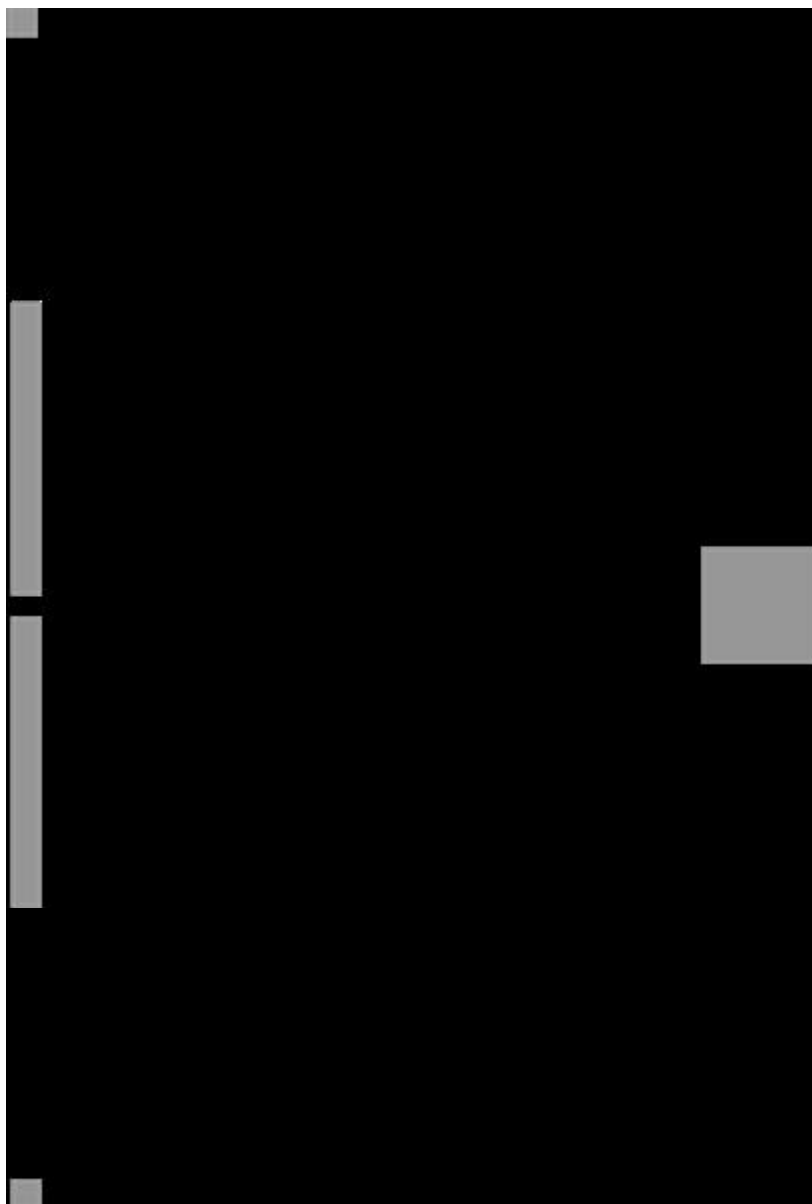
Distância 1 = 3 cm do ponto de partida até o centro do alvo



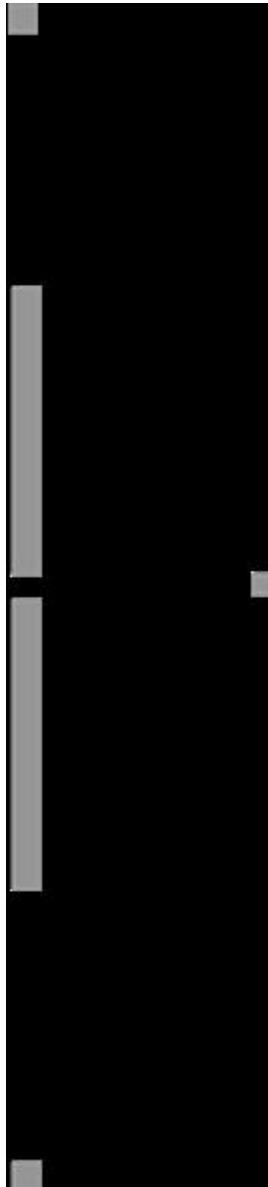
Distância 2 = 5,08 cm do ponto de partida até o centro do alvo



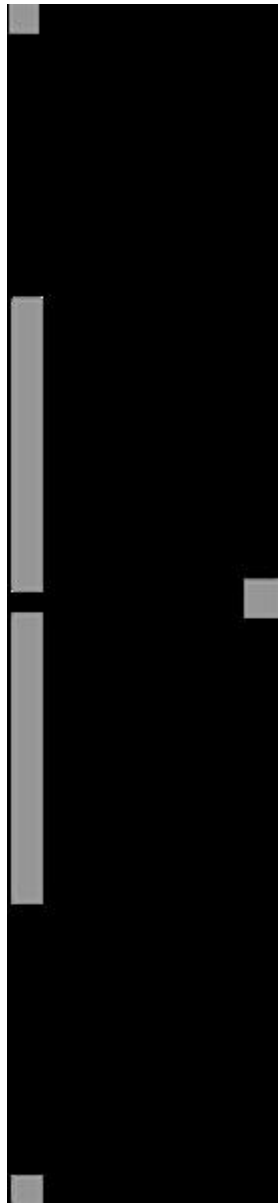
Distância 3 = 10,16 cm do ponto de partida até o centro do alvo



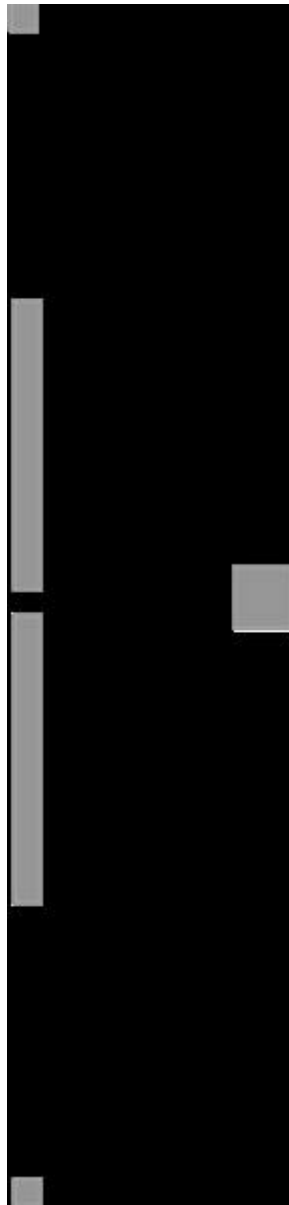
Alvo 1 = 2 mm de largura



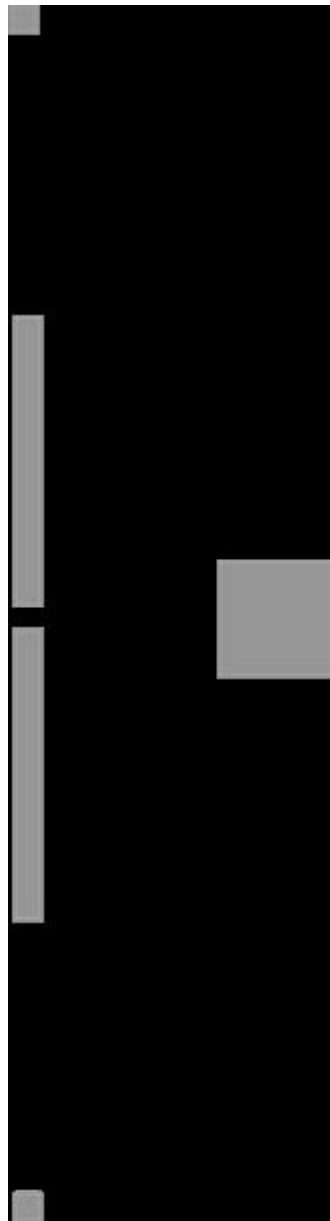
Alvo 2 = 4 mm de largura



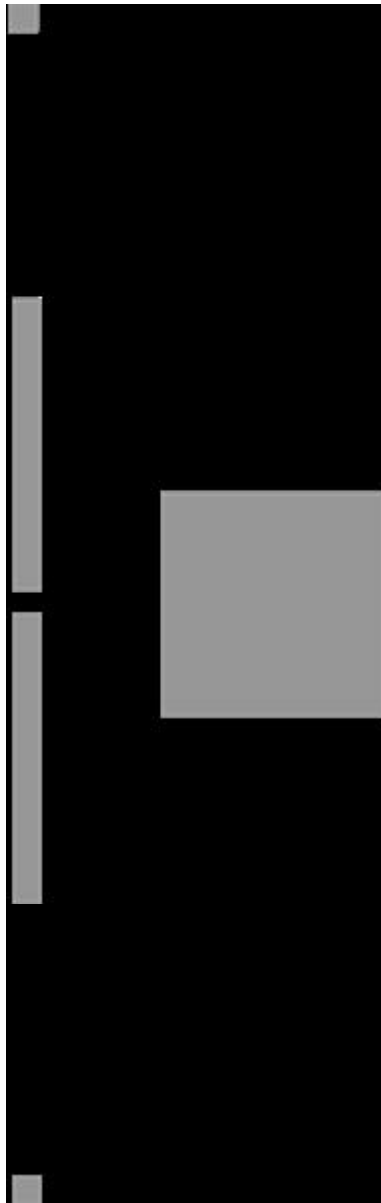
Alvo 3 = 7,5 mm de largura



Alvo 4 = 15 mm de largura



Alvo 5 = 30 mm de largura



Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)