

Priscilla Rezende Pereira Figueiredo

**EFEITO DA DISTRIBUIÇÃO DE MASSA DE OBJETO NO DESEMPENHO DE
ADULTOS EM TAREFA DE PRECISÃO**

Belo Horizonte
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG
2011

Priscilla Rezende Pereira Figueiredo

**EFEITO DA DISTRIBUIÇÃO DE MASSA DE OBJETO NO DESEMPENHO DE
ADULTOS EM TAREFA DE PRECISÃO**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Fisioterapia em Ortopedia da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fisioterapia em Ortopedia.

Orientador: Prof^a. Dra. Paula Lanna Pereira da Silva

Belo Horizonte
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG
2011

RESUMO

Tarefas cotidianas como levar o garfo ao alimento ou colocar uma chave na porta dependem da organização da ação muscular para direcionar com precisão o objeto a um alvo. No intuito de favorecer o desempenho do indivíduo, propriedades desses objetos, como sua distribuição de massa, podem ser manipuladas tornando-os mais adequados para realização de tarefas com demandas distintas. Neste contexto, a hipótese é que objetos com a massa concentrada próximo ao eixo de rotação favoreceriam tarefas que exigem maior precisão quando comparados a objetos com a massa concentrada a uma maior distância do eixo. Portanto, o objetivo do presente estudo foi investigar o efeito da distribuição de massa de objetos no desempenho de adultos em uma tarefa de precisão com três níveis de complexidade. Dez adultos saudáveis foram solicitados a realizar a tarefa de tocar reciprocamente pares de alvos (tarefa de Fitts), com máxima precisão e velocidade, usando uma haste de 50 cm de comprimento. A distribuição de massa da haste foi manipulada pelo posicionamento de um cilindro de aço a 10, 20 ou 30 cm de sua extensão. Três pares de alvos com diâmetros de 1, 3 e 10 cm foram utilizados com o intuito de manipular a complexidade da tarefa. ANOVA demonstrou que o tempo para realização da tarefa e a variação do tempo foram significativamente maiores no alvo com menor diâmetro ($p < 0,0001$). Foi observado ainda que neste alvo, a haste com massa próxima ao eixo de rotação produziu significativamente menor variação no tempo de execução da tarefa, comparada a haste com a massa a 30cm ($p = 0,038$). Os resultados demonstram que tarefas com maior índice de dificuldade exigiram maior tempo para sua realização e provocaram maior variabilidade do tempo. Além disso, em tarefas com maior complexidade a distribuição de massa influenciou o desempenho dos participantes indicando que manipulações de propriedades de objetos podem ser implementadas para otimizar o desempenho em determinadas tarefas.

Palavras-chave: momentos de inércia, toque dinâmico, tarefa de Fitts, uso de ferramentas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	4
1.1	Objetivo	8
2	MATERIAIS E MÉTODO	9
2.1	Participantes	9
2.2	Instrumentação	9
2.2.1	Pares de Alvos	9
2.2.2	Haste	11
2.2.3	Sistema Tridimensional de Análise de Movimento	12
2.3	Procedimentos	12
2.4	Redução dos Dados	14
2.5	Análise estatística	14
3	RESULTADOS	15
3.1	Resultados Descritivos	15
3.2	Resultados Inferenciais	16
4	DISCUSSÃO	18
5	CONCLUSÃO	21
	REFERÊNCIAS	22
	ANEXO A	24

1 INTRODUÇÃO

Em diversas atividades desempenhadas pelos indivíduos durante sua rotina diária é possível observar os membros superiores envolvidos em tarefas de precisão nas quais um objeto seguro nas mãos é direcionado a um alvo específico, seja para tocá-lo, atingí-lo ou interceptá-lo^{1,2}. Conduzir um garfo ao alimento, uma chave à fechadura ou um plugue à tomada são exemplos de tarefas cotidianas que requerem precisão. A aplicabilidade desse tipo de tarefa estende-se, ainda, para o universo esportivo, no qual atletas manipulam instrumentos de forma a acertar ou interceptar alvos. No beisebol, o jogador com a função de rebatedor deve usar um taco para acertar a bola lançando-a para longe, no golfe o mesmo requerimento é imposto ao jogador, porém em contexto e com objetivos finais diferentes. No contexto artístico também é possível observar os membros superiores engajados em tarefas que requerem precisão, como é o caso de um pintor manipulando um pincel na tela ou um músico direcionando baquetas aos pratos e tambores de uma bateria. Seja qual for o contexto ou o objetivo final da tarefa, a adequação dos objetos usados para executá-las parece ter potencial para suportar, facilitar ou dificultar o desempenho funcional².

A adequação dos objetos para a realização de tarefas manuais pode ser determinada tanto por suas características geométricas, como tamanho e forma, como por sua distribuição de massa^{3,4,5}. Objetos com concentração de massa próxima ao eixo de movimento parecem mais adequados para tarefas de precisão, enquanto que aqueles cuja massa encontra-se concentrada distalmente ao eixo de movimento parecem mais apropriados para tarefas de força. Por exemplo, um martelo é um instrumento cuja concentração de massa está distante do eixo de movimento (ou da mão), característica esta que favorece a transferência de força para alvos no ambiente e, portanto, é um objeto adequado para tarefas que requerem potência. Esse mesmo objeto poderia dificultar o desempenho em tarefas de precisão, uma vez que demanda mais esforço para que sua posição seja controlada no plano horizontal. Por outro lado, uma chave de fenda é um instrumento cuja concentração de massa está próxima ao eixo de movimento, o que facilita o controle de sua posição no plano horizontal favorecendo tarefas de precisão. Dessa forma, a organização de estratégias motoras compatíveis com as demandas de tarefas manuais depende da sensibilidade dos indivíduos às características de objetos seguros nas mãos^{5,6}.

O sistema visual é uma das vias perceptuais através da qual informações sobre as características de objetos podem ser extraídas⁷. Entretanto, durante a realização de atividades cotidianas muitas vezes é necessário que a visão esteja direcionada a outro foco visual que não o objeto usado para a ação. A presença de outra via perceptual, o sistema háptico, contorna esse inconveniente e permite aos indivíduos capturar as propriedades mecânicas de objetos mesmo na ausência de informação visual, e isso é possível quando há exploração tátil desse objeto^{8,9,10}. Mais uma vez, em se tratando de atividades funcionais, não é sempre que manipulamos toda a extensão de um objeto ou ferramenta antes de usá-lo, o que acontece na maioria das vezes é um contato mecânico com apenas uma pequena porção do objeto^{11,12}. Ainda assim, ao movimentar o sistema objeto-mão o indivíduo é capaz de perceber as dimensões e a orientação do objeto graças a um dos subsistemas do sistema perceptual háptico, conhecido como toque dinâmico^{11,13}.

A particularidade do toque dinâmico (dynamic touch) se refere à contribuição proeminente do esforço muscular para a percepção de um objeto seguro na mão e, por isso, pode ser descrita na literatura como percepção baseada em ação muscular (muscle-based perception)^{11,13}. Aos músculos é atribuída não somente a função de produzir movimento, mas também a de servir como instrumento sensorial de mensuração¹¹. Esta função sensorial é suportada por mecanorreceptores embebidos nos tecidos corporais. Estes mecanorreceptores registram os padrões regulares de deformação nos tecidos corporais que ocorrem em resposta ao esforço muscular utilizado para movimentar ou sustentar um objeto. A relação entre o padrão de torques produzidos pelos músculos e as deformações nos tecidos corporais geradas pelas modificações no estado do objeto (sua posição e aceleração) é moderada pelas características inerciais deste objeto. Assim, os padrões de deformação nos tecidos corporais gerados nas interações entre indivíduo x objeto especificam parâmetros que caracterizam a distribuição de massa do objeto. Estes parâmetros, denominados momento de massa, formam a base informacional para percepção tanto de características do objeto (como seu comprimento e sua forma) como também de sua orientação em relação à mão via toque dinâmico^{11,13,14,15}.

A sensibilidade aos momentos de massa de um objeto é fundamental para garantir a geração do padrão de torque necessário para movimentação do objeto da maneira desejada. O momento estático especifica a resistência oferecida pelo objeto para ser mantido em uma posição estática contra a gravidade, e o momento de inércia especifica a resistência do objeto a acelerações rotacionais. Um objeto que exige um padrão simples de aplicação de torque para

o cumprimento de uma determinada tarefa funcional pode ser considerado um facilitador do desempenho de tal tarefa. Por outro lado, um objeto que requer um padrão mais complexo de aplicação de torque para cumprimento da mesma tarefa pode dificultar o desempenho da mesma, exigindo maior habilidade do indivíduo. Portanto, pode-se supor que os padrões de deformação específicos aos momentos de massa de um objeto podem ser a base informacional para a percepção, via toque dinâmico, da adequação deste objeto para realização funções específicas.

Evidências que suportam tal suposição foram disponibilizadas por estudos que demonstraram que indivíduos são capazes de perceber não apenas propriedades geométricas dos objetos, mas também suas propriedades funcionais via toque dinâmico. Em particular, Wagman e Carello (2001; 2003) demonstraram, em dois estudos, que indivíduos são capazes de (a) julgar a utilidade desses instrumentos e (b) adequar suas ações baseados nessas informações, sem o benefício da visão^{5,6}. As habilidades indicadas em (a) e (b) foram suportadas pela sensibilidade dos participantes a distribuição de massa dos objetos (mais especificamente seu momento de inércia) revelada durante a exploração dinâmica dos mesmos via esforço muscular. No primeiro estudo, foi solicitado aos participantes que explorassem objetos seguros nas mãos, sem acesso a informação visual, e os classificassem quanto a sua efetividade em cumprir o papel de determinadas ferramentas. Nove objetos, com diferentes comprimentos e distribuições de massa, foram julgados acerca de sua adequação para tarefas de força (martelar) ou de precisão (empurrar um segundo objeto para dentro de um orifício). Após a manipulação, os indivíduos reportavam sua percepção acerca da utilidade de cada um dos nove objetos usando uma escala cuja pontuação variava de 1 (totalmente inadequado para tarefa de martelar [apontar]) a 7 (ideal para tarefa de martelar [apontar]). Objetos que apresentavam maior resistência à aceleração rotacional, ou seja, cujas massas estavam concentradas a uma maior distância da mão, foram percebidos como mais apropriados para martelar (tarefa de transferência de força). Contrariamente, objetos que apresentavam menor resistência à aceleração rotacional, ou seja, cujas massas concentravam-se próximas da mão, foram percebidos como mais apropriados para tarefa de precisão. No segundo estudo, os participantes foram capazes de identificar em que ponto da extensão de objetos deveriam segurar para maximizar sua utilidade em tarefa de força (martelar) ou de precisão (usar o objeto para direcionar outro a um orifício). O local no qual um objeto é segurado afeta seu momento de inércia em relação ao eixo de movimento, deixando-o mais apropriado para uma ou outra demanda da tarefa e os indivíduos parecem se orientar por essa

informação. Dessa forma, o toque dinâmico possibilita aos indivíduos perceber as propriedades dos objetos e, concomitantemente, regular a geração e aplicação de torques na manipulação desse objeto com o objetivo de cumprir uma demanda funcional⁵.

Uma característica evidente nos estudos disponíveis sobre toque dinâmico é que as percepções dos participantes sobre características geométricas e funcionais dos objetos são baseadas em julgamento. Investigações que se proponham a investigar se as características de objetos julgados como adequados para tarefas de precisão realmente modulam as estratégias motoras dos indivíduos expostos a esse tipo de demanda poderiam agregar informações importantes ao corpo de conhecimento da área. Objetos julgados como adequados para tarefas de precisão de fato otimizam o desempenho de indivíduos nesse tipo de tarefa? Os indivíduos se beneficiam mais da adequação de objetos quando a tarefa exhibe maior complexidade?

Para investigar essas suposições é necessário criar uma situação experimental na qual indivíduos usem um objeto, cuja massa possa ser manipulada, para realizar uma tarefa de precisão com níveis de complexidade variados. Adicionalmente, é necessário definir uma forma de mensurar o desempenho desses indivíduos enquanto realizam a tarefa nas diferentes condições.

Em relação à escolha da tarefa, a tarefa de Fitts (Fitt's task) parece apropriada, uma vez que captura aspectos essenciais de funções manuais que envolvem solução de demandas concorrentes de velocidade e precisão¹⁶. Esta tarefa foi proposta por Paul Fitts, em 1954, e consiste em tocar, continua e reciprocamente, dois alvos dispostos em pares com a máxima precisão e velocidade¹⁶. A manipulação de dois parâmetros, a saber, distância entre os alvos (D) e largura dos alvos (L) possibilita o estabelecimento de um índice de dificuldade (ID) da tarefa [$ID = \log_2 (2D/L)$], sendo que a magnitude do ID é diretamente proporcional a D e indiretamente proporcional a L. Esta operacionalização é baseada no que se tornou conhecido como Lei de Fitts: à medida que o ID aumenta, o tempo necessário para deslocar um segmento corporal ou um objeto de um alvo a outro também aumenta. Dessa forma, dado um mesmo ID, quanto menor o tempo usado para percorrer a distância entre os alvos, melhor o desempenho nesta tarefa.

Tendo em vista que a tarefa de Fitts requer precisão e pode ter sua complexidade alterada por manipulações no tamanho dos alvos e na distância entre eles, podemos concluir que ela fornece um contexto experimental ideal para as investigações propostas. Além disso, uma haste segura firmemente na mão pode ser usada para tocar os alvos. A distribuição de

massa dessa haste pode ser manipulada para que o impacto das características inerciais de objetos no desempenho em tarefa de precisão possa ser investigado. Por fim, a literatura reporta que o tempo de movimento consiste em uma variável informativa acerca do desempenho dos indivíduos na tarefa de Fitts^{17,18,19,20} e, portanto, essa seria uma medida apropriada para contemplar as necessidades experimentais do presente estudo.

1.1 Objetivo

O objetivo do presente estudo foi investigar se as propriedades inerciais de uma haste com diferentes distribuições de massa modificam o desempenho de adultos saudáveis em uma tarefa de precisão com diferentes níveis de complexidade.

2 MATERIAIS E MÉTODO

2.1 Participantes

Participaram deste estudo 10 adultos jovens (8 mulheres e 2 homens) com média de idade de 27,4 anos. Todos os participantes cumpriram os critérios de inclusão do estudo que exigiam a ausência de qualquer disfunção motora no membro superior dominante e a normalidade da visão. Foram excluídos do estudo aqueles indivíduos que não entenderam ou se recusaram a cumprir as instruções para a realização da tarefa. A amostra foi selecionada por conveniência e todos os voluntários assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido antes de serem incluídos no estudo. O comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais concedeu aprovação para este estudo sob o parecer – ETIC 0002.0.203.000-10 (Anexo A).

2.2 Instrumentação

2.2.1 Pares de Alvos

Para reproduzir o contexto experimental da tarefa de Fitts, foram utilizados três pares de alvos com diâmetros de um, três e dez centímetros (cm) (FIGURA 1). Uma distância de 35 cm de centro a centro entre os alvos de um mesmo par foi mantida fixa. A manipulação desses dois parâmetros, largura do alvo (L) e distância entre os alvos (D), permitiu o estabelecimento de diferentes demandas para a tarefa quando executada nas três diferentes condições. O cálculo dessas demandas foi operacionalizado pela fórmula do índice de dificuldade (ID) da tarefa:

$$ID = \log_2 (2D/L) \quad (1)$$

Neste estudo, as três diferentes condições de largura do alvo (L = 1, 3 e 10 cm) com a distância constante entre os alvos de um mesmo par (D = 35 cm) criaram três níveis de dificuldade da tarefa, expressados em termos de seu índice de dificuldade. O menor par de alvos, com 1 cm de diâmetro, exigia maior precisão para que fosse tocado e, por esse motivo,

representou a tarefa de dificuldade alta (ID = 6.12). A exigência por precisão reduziu um pouco quando o par de alvos em questão era o de diâmetro intermediário (3 cm), caracterizando a tarefa de dificuldade intermediária (ID = 4.54). Por fim, o maior par de alvos, com 10 cm de diâmetro, representou a tarefa de dificuldade baixa (ID = 2.80) uma vez que sua demanda de precisão para ser tocado era menor.

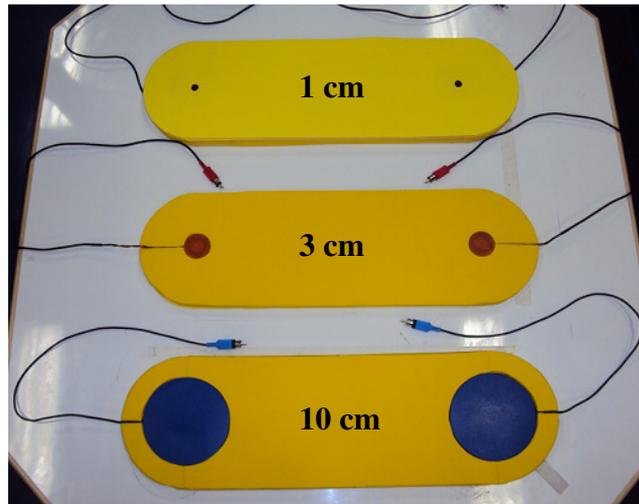


FIGURA 1: Pares de alvos com 1, 3 e 10 centímetros de diâmetro e distância de 35 cm de centro a centro.

Os alvos foram revestidos por material emborrachado e continham sensores sensíveis ao toque em seu interior. Esses sensores se conectavam a um computador através de um mouse adaptado com entradas para os alvos (FIGURA 2). O computador continha um software que gerava um disparo sonoro cada vez que os sensores internos dos alvos eram tocados. Essa estratégia criava um ambiente incentivador para os participantes e possibilitava aos pesquisadores monitorar o número exato de acertos e erros aos alvos. A confecção dos alvos, do mouse adaptado e do software aconteceu em parceria com professores e técnicos do Departamento da Ciência da Computação da UFMG.

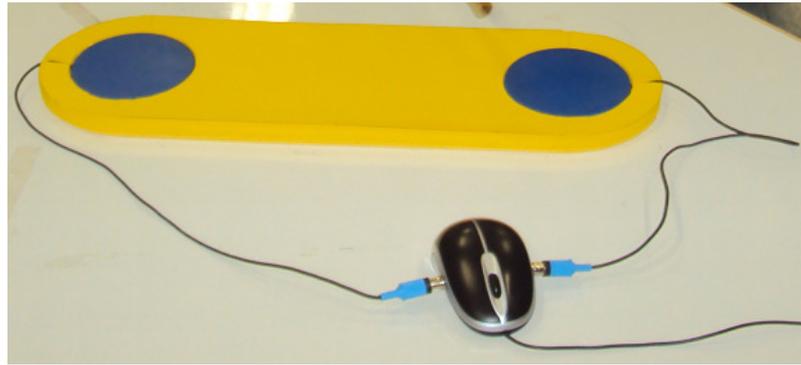


FIGURA 2: *Mouse adaptado com entradas para conexão com os alvos.*

2.2.2 Haste

Para tocar os alvos foi utilizada uma haste de madeira cilíndrica e homogênea com comprimento de 50 cm, diâmetro de 1,2 cm e massa de 38,98 gramas (g) (FIGURA 3A). Um cilindro de aço inox de 1,05 cm e 22,23 g (FIGURA 3B) foi posicionado a 10, 20 ou 30 cm da extremidade proximal da haste. Esse posicionamento foi responsável pela manipulação da distribuição de massa do objeto usado para a ação, de forma que a concentração de massa poderia estar próxima, intermediária ou distante do eixo de movimento.

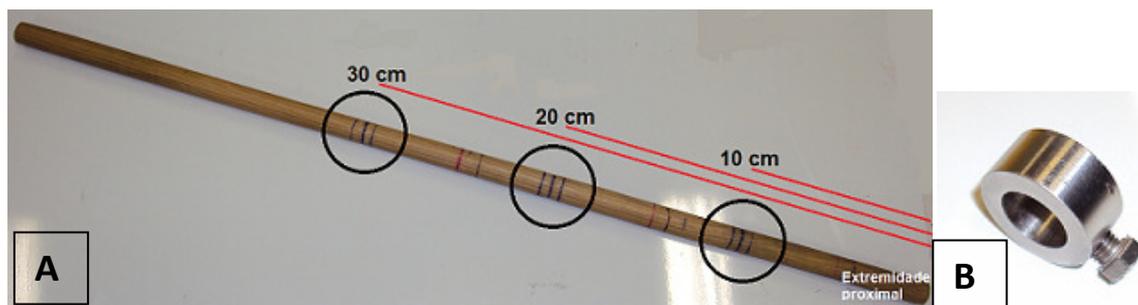


FIGURA 3: *A) Haste de madeira com localizações do posicionamento do cilindro de aço indicadas (10, 20 e 30 cm da extremidade proximal da haste). B) Cilindro de aço inox de massa igual a 22,23 g.*

2.2.3 Sistema Tridimensional de Análise de Movimento

O sistema tridimensional de análise de movimento Qualisys Pró-Reflex[®] MCU (QUALISYS MEDICAL AB[®], 411 12 Gothenburg, Suécia) foi usado para capturar a trajetória de movimento de um marcador passivo refletor posicionado entre o primeiro e segundo metacarpos da mão dominante do participante que estava executando a tarefa. Essa informação possibilitou computar o tempo para a realização de um ciclo de movimento, que corresponde a sequência caracterizada por toque no alvo da esquerda, toque no alvo da direita e retorno ao primeiro.

O Qualisys ProReflex[®] é um sistema de fotogrametria baseado em vídeo cujas câmeras emitem luz infravermelha, a qual é refletida por marcadores passivos refletores colocados sobre pontos específicos do corpo dos participantes. O reflexo da luz sobre as marcas é captado pela lente de cada câmera, gerando uma imagem bidimensional (2D) das posições dos marcadores. Pela triangulação das imagens de, no mínimo, duas câmeras, este sistema permite a reconstrução em três dimensões (3D) da posição das marcas passivas refletoras. Essas informações são digitalizadas e processadas em tempo real pelo circuito das câmeras, e as coordenadas enviadas para o computador. As câmeras do Qualisys[®] (ProReflex, 120 Hz) permitem a delimitação de 101 quadros por segundo e analisam uma frequência máxima de 120 Hz. Além de ser um sistema de alta confiabilidade, o Qualisys[®] apresenta alta acurácia, o que permite que movimentos rápidos sejam medidos com precisão.

Como neste estudo apenas um marcador passivo refletor foi posicionado nos participantes, três câmeras ProReflex 120 Hz foram suficientes para capturar a trajetória de movimento. Além das câmeras, foram utilizados tripés, cabos, unidade de calibração e um computador com o software de aquisição de dados Qualisys Track Manager 2.0 (QTM). Todos esses equipamentos estavam disponíveis no Laboratório de Análise de Movimento (LAM) da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG.

2.3 Procedimentos

Inicialmente os indivíduos selecionados foram esclarecidos acerca dos objetivos e procedimentos do estudo e os que concordaram com a participação voluntária na pesquisa foram solicitados a assinar um termo de consentimento livre e esclarecido.

Medidas antropométricas dos participantes foram coletadas após o consentimento para participação. Dados como peso (quilogramas), altura (metros), perimetria do braço e antebraço dominantes (cm), bem como o comprimento do membro superior dominante (cm) foram aferidos por um mesmo pesquisador e documentados em fichas individuais.

Para a realização da tarefa, os indivíduos ficaram na posição de pé em frente a uma mesa de altura regulável na qual os pares de alvos eram posicionados. Nesta posição, o voluntário encontrava-se dentro do campo visual das três câmeras do Sistema Qualisys Pró-Reflex[®] que foram usadas para a captura do movimento da mão do indivíduo onde estava posicionado um marcador passivo reflexivo.

Todos os participantes foram solicitados a realizar a mesma tarefa de precisão, que consistia em tocar reciprocamente os alvos, dispostos em pares, com a máxima precisão e o mais rápido possível, usando a haste de madeira na qual era posicionado o cilindro de aço a 10, 20 ou 30 cm de sua extremidade proximal. Todos os indivíduos realizaram a tarefa nas nove condições experimentais, obtidas através da combinação dos três diâmetros dos alvos e das três posições do cilindro de aço na haste. A ordem de apresentação das condições experimentais foi aleatorizada. Cada tentativa teve duração de 15 segundos e, para ser considerada válida, os erros dos participantes ao tentar tocar os alvos não poderia ultrapassar 10% do seu total de toques.

No momento em que era dado o comando para o indivíduo iniciar a tarefa, tanto o sistema Qualisys[®], quanto o software que emitia um sinal sonoro a cada acerto aos alvos, eram acionados concomitantemente. Ao final dos 15 segundos da tarefa o participante era informado sobre os pontos realizados, que eram computados automaticamente pelo software e referentes ao total de acertos aos alvos. Se os erros superassem 10% do total de toques aos alvos, o participante era solicitado a repetir a tarefa.

Um período de treinamento foi oferecido a todos os voluntários, primeiro com o par de alvos grandes, depois com o par intermediário e, por último, com o par de alvos pequenos. A coleta de dados somente tinha início uma vez que o participante havia compreendido a tarefa. O tempo total de coleta de dados para cada indivíduo variou de 30 a 40 minutos.

2.4 Redução dos Dados

Os desfechos analisados foram o tempo médio (TM) para a realização de cada ciclo (sequência caracterizada por toque em um alvo, no outro e retorno ao primeiro) em cada condição experimental, e a variação do tempo (VT) para a realização da tarefa em cada condição experimental. O tempo médio fornece informação sobre o desempenho dos indivíduos na tarefa de precisão e a variação do tempo informa sobre a consistência para realização da tarefa em cada condição.

2.5 Análise estatística

Medidas de tendência central (médias e erros padrão) e de frequência foram utilizadas para descrever a amostra do estudo em relação às variáveis idade e sexo.

Análise de variância (ANOVA) com dois fatores de medida repetida (adequação da haste: alta, intermediária e baixa; e tamanho do alvo: grande, médio e pequeno) foi usada para testar os efeitos experimentais. Essa análise permitiu a avaliação dos efeitos principais haste e alvo, assim como os efeitos da interação haste e alvo na medida de desempenho (desfecho TM) e consistência (desfecho VT) na tarefa. Em todas as análises foi considerado nível de significância $\alpha= 0,05$.

3 RESULTADOS

3.1 Resultados Descritivos

As características da amostra em relação às variáveis idade e sexo estão descritas na Tabela 1.

TABELA 1
Caracterização da amostra

IDADE*	SEXO**	
	<i>Feminino</i>	<i>Masculino</i>
27,4	8	2

*Números indicam média.

**Números indicam a frequência de participantes em cada categoria.

As médias e (desvios-padrão) das variáveis de desfecho, tempo de movimento (TM) e variação do tempo (VT), para cada uma das condições de tamanho do alvo e adequação da haste, estão descritas na Tabela 2.

TABELA 2

Tempo de Movimento (TM) e Variação do Tempo (VT) para a realização da tarefa nas diferentes condições de tamanho do alvo e adequação da haste separadamente

Variáveis	ALVO*			HASTE**		
	<i>G</i>	<i>M</i>	<i>P</i>	<i>10</i>	<i>20</i>	<i>30</i>
TM	0,513 (0,038)	0,767 (0,034)	1,137 (0,070)	0,791 (0,039)	0,810 (0,041)	0,816 (0,046)
VT	0,020 (0,003)	0,034 (0,003)	0,052 (0,007)	0,034 (0,004)	0,033 (0,002)	0,040 (0,005)

Números indicam: média e (desvio-padrão).

*Condições de tamanho do alvo: G (grande – 10cm); M (médio – 3cm) e P (pequeno – 1cm).

**Posição do cilindro de aço na haste: 10, 20 e 30 se referem à distância, em cm, do cilindro em relação a extremidade proximal da haste.

3.2 Resultados Inferenciais

Em relação à variável TM, a ANOVA revelou que somente o efeito principal do alvo foi significativo ($p < 0,0001$). O efeito principal da haste ($p = 0,271$), bem como a interação alvo-haste ($p = 0,53$) não foram significativos. O tempo médio de movimento (TM) usado para realizar a tarefa com o alvo grande foi significativamente menor que o TM usado para realizar a tarefa com o alvo médio ($p < 0,0001$) e, da mesma forma, o TM usado para realizar a tarefa com o alvo médio foi significativamente menor do que o TM usado para realizar a tarefa com o alvo pequeno ($p < 0,0001$). O posicionamento do cilindro de aço na haste, a 10, 20 ou 30 cm de sua extremidade proximal, não alterou o TM para a realização da tarefa em nenhuma das condições de tamanho do alvo. Esses resultados estão visualmente representados no Gráfico 1.

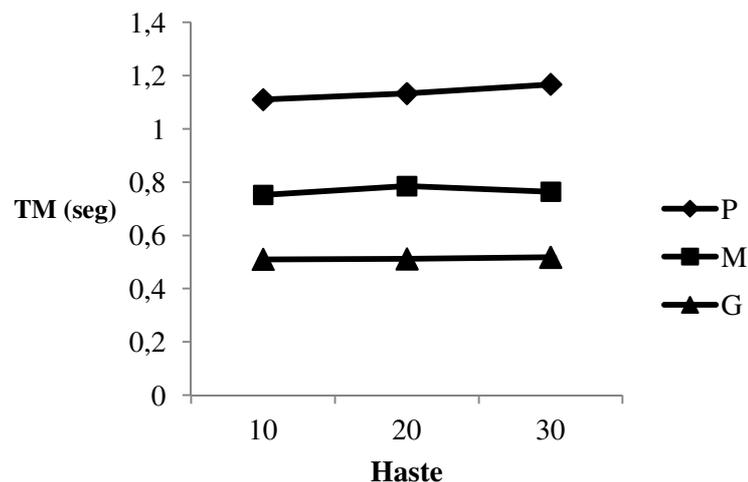


GRÁFICO 1 – Efeitos principais do alvo, haste e interação alvo-haste na variável tempo de movimento (TM)

Por outro lado, em relação à variável VT, a ANOVA revelou efeito significativo do alvo ($p < 0,0001$), bem como interação alvo-haste significativa ($p = 0,014$). Apenas o efeito principal da haste não foi significativo ($p = 0,086$). A variação do tempo para realização da tarefa (VT) com o alvo grande foi significativamente inferior a VT com o alvo médio ($p = 0,007$) e, da mesma forma, a VT com o alvo médio foi significativamente inferior a VT com o alvo pequeno ($p = 0,014$), demonstrando que alvos menores produziram maior variabilidade no tempo para execução da tarefa. Em relação à interação alvo-haste, mudanças no posicionamento do cilindro de aço na haste produziram diferenças significativas na variação do tempo (VT) quando a tarefa foi realizada no alvo pequeno. Mais especificamente, quando

a massa da haste estava concentrada próxima do eixo de movimento (cilindro posicionado a 10 cm da extremidade proximal da haste) a variação no tempo para execução da tarefa (VT) foi significativamente menor do que quando a massa estava a uma maior distância do eixo de movimento (cilindro posicionado a 30 cm da extremidade proximal da haste) ($p = 0,038$). Quando o cilindro encontrava-se em posição intermediária (a 20 cm da extremidade proximal da haste), a variação do tempo para execução da tarefa também foi significativamente menor do que aquela apresentada na condição de massa a uma maior distância do eixo de movimento (cilindro a 30 cm da extremidade proximal da haste) ($p = 0,015$). Novamente, os resultados podem ser visualizados no Gráfico 2.

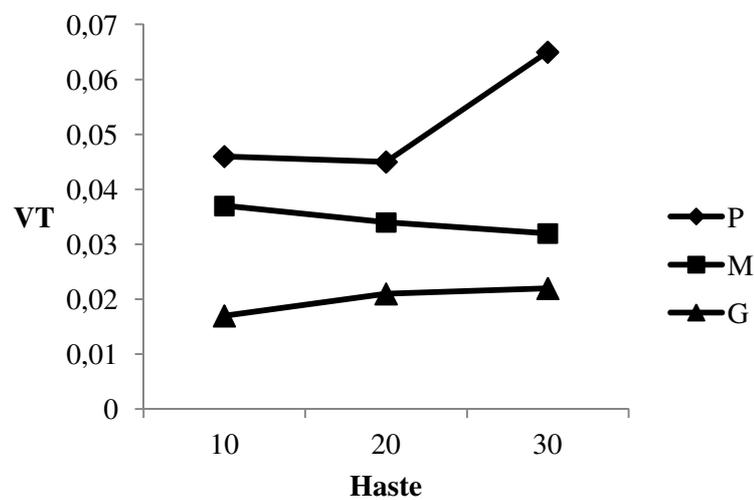


GRÁFICO 2 – Efeitos principais do alvo, haste e interação alvo-haste na variável variação do tempo (VT)

4 DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi investigar se manipulações na distribuição de massa de um objeto alteram o desempenho de adultos saudáveis em uma tarefa de precisão. Mais especificamente, as manipulações realizadas se prestaram a esclarecer se objetos julgados como adequados para tarefas de precisão de fato otimizam o desempenho dos indivíduos nesse tipo de tarefa e, caso o faça, as investigações avançariam no sentido de responder se esse impacto é diferente para tarefas com graus de complexidade distintos.

Os resultados encontrados demonstraram que as características dos objetos, relacionadas à sua distribuição de massa, apresentam potencial para alterar o desempenho dos indivíduos em tarefas de precisão. Entretanto, esse potencial parece ser dependente do grau de dificuldade da tarefa, de forma que os indivíduos se beneficiam mais da adequação dos objetos usados para a ação quando a tarefa impõe maior demanda por precisão. Em tarefas cuja exigência por precisão não é alta, como tocar reciprocamente alvos relativamente grandes (10 cm), alterações nas propriedades inerciais do objeto usado para realizar a tarefa não foram suficientes para melhorar ou piorar o desempenho dos indivíduos. Por outro lado, as mesmas alterações nas propriedades inerciais do objeto alteraram o desempenho de adultos em uma tarefa cuja demanda por precisão é relativamente alta, como tocar reciprocamente alvos pequenos (1 cm). Nesse último caso, objetos cuja massa estava concentrada próxima da mão dos participantes, foram responsáveis por um aumento na consistência para a realização da tarefa. Este resultado foi na direção esperada, uma vez que objetos com esta característica foram julgados como mais adequados para tarefas precisão do que objetos com massa distante da mão. Em outras palavras, ao exibir características apropriadas às demandas da tarefa, o objeto proporcionou aos indivíduos maior facilidade no controle de sua trajetória e, conseqüentemente, menos ajustes nas estratégias de movimentação foram necessários, o que resultou em menor variação no tempo de movimento.

As observações realizadas no parágrafo acima se referem à análise do comportamento da variável informativa sobre a consistência na realização da tarefa, ou seja, a variação no tempo de movimento (VT). Entretanto, em relação ao tempo médio de movimento (TM), os resultados demonstraram que essa variável não foi alterada em decorrência de modificações na distribuição de massa da haste usada para a tarefa. Apenas a complexidade da tarefa, manipulada pela largura dos alvos, impactaram o TM de maneira esperada. Em concordância

com estudos anteriores que computaram o TM no contexto da tarefa de Fitts^{18,19,20}, os resultados do presente estudo demonstraram que o TM foi significativamente maior na tarefa com maior índice de dificuldade (ID) do que naquelas com menor ID. A relação entre o grau de dificuldade de tarefas de apontamento e o tempo requerido para cumpri-las encontra-se bem estabelecida na literatura e, por se tratar de uma relação empírica e robusta, ficou conhecida como Lei de Fitts¹⁹. Apesar de TM ter sido exclusivamente determinado pelo tamanho dos alvos no presente estudo, o efeito das propriedades inerciais em VT sugere que a estratégia motora utilizada foi mais eficiente com o uso de objetos que facilitam o controle da sua extremidade distal.

A constatação de que o desempenho médio dos indivíduos não piorou quando a tarefa foi realizada com a haste menos adequada para tarefas de precisão, pode ter como possível explicação o fato de que esses indivíduos são adultos saudáveis e, portanto, proficientes no manejo de instrumentos com os membros superiores. Dessa forma, é possível que estes indivíduos tenham habilidades motoras suficientes para compensar pela inadequação do instrumento usado para a ação, independente da complexidade da tarefa. O estudo de Melo et al. (2011) oferece suporte para tal argumento. Tal estudo foi planejado com o objetivo de investigar o impacto da distribuição de massa de objeto no desempenho de crianças de 5, 8 e 11 anos na tarefa de Fitts²¹. Ao contrário do presente estudo, esses autores encontraram efeito principal da haste na variável TM. O efeito encontrado foi na direção esperada, ou seja, o tempo médio de execução da tarefa diminuiu em função do aumento da adequação da haste para atender a demanda de precisão. Entretanto, o efeito observado variou dependendo da idade do participante e do grau de dificuldade da tarefa. Enquanto as crianças de 5 e 8 anos tiveram seu desempenho na tarefa melhorado em decorrência da melhor adequação da haste, o mesmo não ocorreu para as crianças de 11 anos, cujo TM não foi modificado pelas diferentes condições de distribuição de massa da haste. O comportamento exibido pelas crianças mais velhas se aproxima daquele observado nos adultos do presente estudo. Mais uma vez, uma provável explicação para os achados acima descritos é o fato de crianças mais velhas possuírem maior repertório de habilidades percepto-motoras que podem ter sido suficientes para compensar inadequações no suporte ambiental oferecido. Por outro lado, crianças mais novas, cujo repertório de habilidades se encontra mais reduzido, foram beneficiadas pela haste cujas propriedades eram especialmente adequadas para a ação.

Os resultados do presente estudo contribuem para um melhor entendimento das interações dinâmicas que ocorrem entre o indivíduo e o ambiente durante a realização de

tarefas relativamente simples, como a tarefa de Fitts. Entender como os indivíduos encontram soluções para responder de forma eficiente às demandas funcionais, mesmo quando o suporte oferecido pelo ambiente não é o mais adequado, é fundamental para aqueles profissionais que buscam, com suas intervenções, estimular a complementaridade do indivíduo com o contexto. Embora o presente estudo se enquadre na categoria de pesquisa de conhecimento básico, seus resultados fornecem informações úteis para a prática clínica dos profissionais da reabilitação. Tendo em vista que o sucesso na execução de uma tarefa parece ser resultado de uma interação de fatores, como habilidades do indivíduo, suporte contextual oferecido e demanda da tarefa, é possível que o profissional maximize os resultados de suas intervenções ao atuar nas três dimensões acima citadas. Dessa forma, é possível concluir que o presente estudo é mais uma evidência da importância do olhar ampliado dos profissionais da reabilitação quando o que se objetiva é que o paciente alcance o ápice em termos de funcionalidade.

5 CONCLUSÃO

As características de objetos, relacionadas à sua distribuição de massa, podem interferir no desempenho de adultos saudáveis em tarefa de precisão. No entanto, tal interferência parece ser mediada por outros fatores, como nível de dificuldade da tarefa e habilidades percepto-motoras dos indivíduos que executam a tarefa. Tarefas com maior índice de dificuldade exigiram maior tempo para sua realização e provocaram maior variação no tempo. Além disso, em tarefas com maior complexidade a distribuição de massa influenciou o desempenho dos participantes indicando que manipulações de propriedades de objetos podem ser implementadas para otimizar o desempenho em determinadas tarefas.

REFERÊNCIAS

1. HUYS, R. *et al.* Fitts' Law is not continuous in reciprocal aiming. **Proc R Soc B**, v.277, p.1179-1184, 2010.

2. BAIRD, K.M.; HOFFMANN, E.R.; DRURY, C.G. The effect of probe length on Fitts' law. **Appl Ergon**, v.33, p.9-14, 2002.

3. BONGERS, R.M.; SMITSMAN A.W.; MICHAELS, C.F. Geometrics and dynamics of a rod determine how it is used for reaching. **J Mot Behav**, v.35(1), p.4-22, 2003.

4. BONGERS, R.M.; MICHAELS, C.F.; SMITSMAN A.W. Variations of tool and task characteristics reveal that tool-use postures are anticipated. **J Mot Behav**, v.36(3), p.305-315, 2004.

5. WAGMAN, J.B.; CARELLO, C. Affordances and inertial constraints on tool use. **Ecological Psychology**, v. 13(3), p.173-195, 2001.

6. WAGMAN, J.B.; CARELLO, C. Haptically creating affordances: the tool user interface. **Journal of Experimental Psychology: Applied**, v.9(3), p.175-186, 2003.

7. GIBSON, J.J. **The ecological approach to visual perception**. Boston: Houghton Mifflin. 1986.

8. CARELLO, C. Perceiving affordances by dynamic touch: hints from the control of movement. **Ecological Psychology**, v.16(1), p.31-36, 2004.

9. CARELLO, C.; TURVEY, M.T. Physics and psychology of the muscle sense. **Current Directions in Psychological Science**, v.13(1), p.25-28, 2004.

10. HOOP, N.H. Haptic perception in preschool children. II. Object manipulation. **American Journal of Occupational Therapy**, v.25(8), p.415-419, 1971.

11. TURVEY, M.T. Dynamic Touch. **American Psychology**, v.51(11), p.1134-1152, 1996.

12. TURVEY, M.T. *et al.* Perceiving the width and height of a hand-held object by dynamic touch. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, v.24(1), p.35-48, 1998.

13. CARELLO, C. *et al.* Muscle-based perception: theory, research and implications for rehabilitation. **Rev Bras Fisioter**, v.12(5), p.339-350, 2008.
14. SOLOMON, H.Y.; TURVEY, M.T.; Burton, G. Gravitational and muscular variables in perceiving rod extent by wielding. **Ecological Psychology**, v.1(3), p.265-300, 1989.
15. TURVEY, M.T. *et al.* Role of the inertia tensor in perceiving object orientation by dynamic touch. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, v.3(2), p.714-727, 1992.
16. FITTS, P.M. The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. **J Exp Psychol**, v.47 (6), p.381-391, 1954.
17. MEYER, D.E. *at al.* Optimality in human motor performance: Ideal control of rapid aimed movements. **Psychol Rev**, v.95, p.340-370, 1988.
18. MOTTET, D.; BOOTSMA, R.J. The dynamics of goal-directed rhythmical aiming. **Biol Cybern**, v.80, p.235-245, 1999.
19. FERNANDEZ, L.; BOOTSMA, R.J. Non-linear gain in precision aiming: making Fitts' task a bit easier. **Acta Psychol**, v.129, p.217-227, 2008.
20. MOTTET, D. *et al.* Two-handed performance of a rhythmical Fitts' task by individuals and dyads. **J Exp Psychol Hum Percept Perform**, v.27, p.1275-1286, 2001.
21. MELO, A.P.P. **Efeito da distribuição de massa de objeto no desempenho de crianças de diferentes idades em tarefa de precisão.** 2011. 59 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Reabilitação) – Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

ANEXO A – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - COEP**

Parecer nº. ETIC 0002.0.203.000-10

**Interessado(a): Profa. Marisa Cotta Mancini
Departamento de Terapia Ocupacional
EEFFTO - UFMG**

DECISÃO

O Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG – COEP aprovou, no dia 05 de abril de 2010, após atendidas as solicitações de diligência, o projeto de pesquisa intitulado **"Efeito da distribuição de massa de objeto no desempenho de crianças com diferentes idades em tarefa de precisão com dois níveis de complexidade"** bem como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

O relatório final ou parcial deverá ser encaminhado ao COEP um ano após o início do projeto.


**Profa. Maria Teresa Marques Amaral
Coordenadora do COEP-UFMG**