

ESTRATÉGIA DE CONTROLE EM MOVIMENTOS CÍCLICOS E DISCRETOS EM TAREFA DE FITTS ADAPTADA PARA AMBIENTE VIRTUAL

TATIANE FLAVIA DE OLIVEIRA
BRUNO SECCO FAQUIN
LEONARDO MORAES DE REZENDE
JOSIANE MEDINA-PAPST

Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná, Brasil
e-mail: tati_flavia_oli@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

A relação inversamente proporcional entre a velocidade e precisão no controle de movimentos balísticos de toques em alvos espaciais é denominada Lei de Fitts (TEIXEIRA, 1997). Essa Lei pode ser encontrada em diferentes contextos e habilidades esportivas, de modo que, quando uma tarefa é desempenhada com grande velocidade a precisão tende a diminuir e, inversamente, quando ocorre o aumento da precisão a velocidade é reduzida para que se obtenha sucesso na realização. Fitts (1954) demonstrou, por meio de experimentos manipulando o tamanho dos alvos(L) e a distância entre eles (D), que o tempo de movimento (TM) é uma função linear do índice de dificuldade (ID) do movimento, sendo este último expresso pela equação: $ID = \log_2(2D / L)$. Assim, um aumento no ID gera um aumento proporcional no TM. Apesar dessa relação inversa entre a velocidade e precisão ser um dos fenômenos mais consistentes na área de comportamento motor, ainda não é entendido sobre os efeitos específicos da restrição da tarefa sobre a regulação do movimento, como por exemplo, desempenhar a mesma tarefa de forma cíclica e discreta.

As estratégias de controle são influenciadas pelas restrições específicas dos diferentes tipos de habilidades motoras. Sendo assim, Fitts e Peterson (1964) apresentaram uma desvantagem no desempenho de movimentos cíclicos devido à especificação dos parâmetros de controle ocorridos durante a realização do movimento. Tal processo é chamado de paralelismo parcial e não estaria presente na realização de movimentos discretos, nos quais seria possível antecipar as especificações dos parâmetros de controle (*feedforward*). Desta forma, os movimentos discretos seriam desempenhados com um menor TM por serem processados antecipadamente, enquanto que os movimentos cíclicos necessitariam de um tempo extra para processar as informações de *feedback*. Apesar das vantagens apresentadas acima, Guiard (1997) sugere que os movimentos cíclicos apresentariam uma vantagem mecânica, pois permitem armazenar e reutilizar essa energia mecânica, proporcionando vantagens dinâmicas em função das características do sistema efetor. Contudo, nos movimentos discretos a energia tende a ser dissipada no término da tarefa. Assim, a regulação de movimentos discretos e cíclicos fornece restrições específicas por serem regulados por estratégias particulares. Smits-Engelsman, Swinnen e Duysens (2006) também relatam que a relação velocidade-precisão é diferente para os dois tipos de movimentos, sendo que, nos movimentos cíclicos a velocidade pode ser aumentada duas vezes mais do que nos movimentos discretos para ver a mesma diminuição na precisão.

Diante do acima exposto, este estudo analisou as estratégias de controle de movimentos discretos e cíclicos na tarefa de Fitts simulada em ambiente virtual. Assim, foram levantadas as seguintes hipóteses: 1) o TM apresentará uma relação linear com o ID em ambos os movimentos, de forma que, com o aumento do ID ocorrerá o aumento do TM; e 2) devido à vantagem mecânica dos movimentos cíclicos, citada por Guiard (1997), os TMs das condições com movimentos cíclicos serão menores do que os tempos das condições com movimentos discretos.

MÉTODOS

Participaram do estudo 15 indivíduos, de ambos os sexos, com idade entre 15 e 30 anos. Tais participantes foram informados dos procedimentos de avaliação e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido. O presente estudo foi aprovado pelo comitê de ética da universidade local (Parecer n. 215/10; CAAE n. 0197.0.268.000-10).

Foi utilizado no experimento o software *Discrete Aiming Task* v.2.0 (OKAZAKI, 2007), no qual foi simulada a tarefa de Fitts em ambiente virtual. A tarefa consistiu em clicar com o botão esquerdo de um mouse em duas barras paralelas (botões), dispostas na tela do computador, com a maior rapidez e precisão possível. Estes botões foram manipulados em função do seu tamanho ($L = 2, 1, 0,5$ e $0,25$ polegadas) e mantidos a uma distância de 4 polegadas em todas as condições. Desta forma, os Índices de Dificuldades (ID) na realização da tarefa foram de 2, 3, 4 e 5 bits, respectivamente.

Os participantes foram posicionados sentados em uma cadeira em frente a um computador portátil, de modo que a tela do computador ficasse a altura dos olhos. Em seguida, foram realizadas oito condições experimentais, sendo quatro de movimentos discretos (um movimento de um alvo ao outro) nos diferentes IDs (D2, D3, D4 e D5) e quatro de movimentos cíclicos (quatro movimentos de um alvo ao outro) nos diferentes IDs (C2, C3, C4 e C5). Inicialmente, foi realizada uma tentativa de familiarização em cada condição experimental. Posteriormente, os participantes realizaram quatro tentativas consecutivas em cada condição com a sequência aleatorizada entre os participantes. Foi padronizado o sentido do movimento sempre iniciando com o clique do mouse do lado esquerdo para o lado direito. Após cada tentativa o software forneceu o tempo de movimento na realização de cada tarefa.

As variáveis independentes do presente estudo foram: o tipo de movimento realizado (discreto e cíclico) e os Índices de Dificuldades (2, 3, 4 e 5 bits). A variável dependente utilizada para analisar os movimentos foi o Tempo de Movimento (TM). Os dados foram analisados no software *Statistica* (v.7) por meio de estatística não paramétrica, por terem sido violados os pressupostos de normalidade. Foi utilizado o teste de ANOVA de *Friedman* e para as comparações posteriores, o teste pareado de *Wilcoxon*. O nível de significância adotado nas análises estatísticas foi de $P < 0,05$.

RESULTADOS

Os resultados demonstraram um aumento do TM em função do aumento no ID ($P < 0,01$), conforme observado na figura 1, confirmando uma relação linear direta entre o TM e ID. Esses resultados deram suporte à primeira hipótese do estudo. Desta forma, os achados corroboram a Lei de Fitts, independentemente do movimento ser discreto ou cíclico. O desempenho na tarefa de movimentos cíclicos foi semelhante ao desempenho na tarefa de movimentos discretos em todos os IDs, sendo assim, o teste pareado de *Wilcoxon* não demonstrou diferença nos escores de TM ($P > 0,06$).

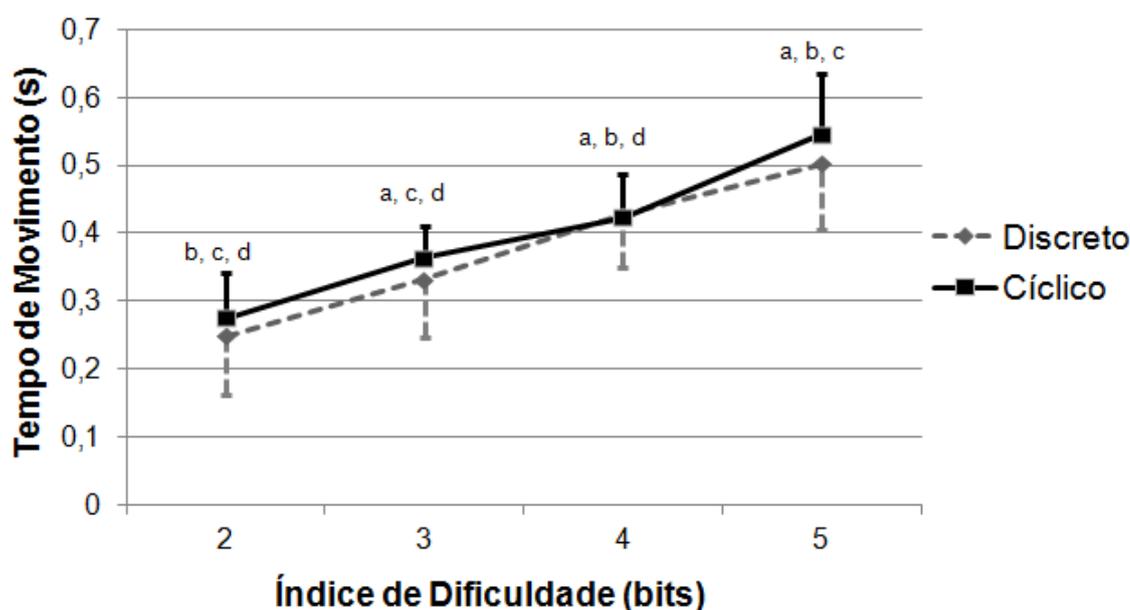


Figura 1. Média e desvio padrão (barras verticais) do tempo de movimento em função do índice de dificuldade nas condições de movimentos discretos e cíclicos.

Legenda: diferença significativa ($P < 0,05$) quando comparado aos IDs^a2, ^b3, ^c4, ^c5.

Foram realizadas comparações entre o TM dos participantes nos diferentes IDs na realização da tarefa discreta e na tarefa cíclica, sendo encontrada diferença significativa somente no fator ID ($P < 0,001$), mas não houve interação entre os índices de dificuldades e as tarefas ($P > 0,05$). A diferença significativa observada entre os IDs ocorreu somente dentro da mesma tarefa ($P < 0,05$). Esses resultados não confirmaram a segunda hipótese do estudo, a qual preconizou que os participantes teriam melhor desempenho na tarefa cíclica em comparação com a discreta.

Tabela 1. Diferenças no desempenho entre os IDs dos movimentos cíclicos e discretos.

ID (bits)	Tempo de Movimento (s)	
	Movimento Discreto	Movimento Cíclico
2	0,24 ^(3,4,5)	0,28 ^(3,4,5)
3	0,33 ^(2,3,5)	0,36 ^(2,4,5)
4	0,43 ^(2,3,5)	0,42 ^(2,3,5)
5	0,50 ^(2,3,4)	0,55 ^(2,3,4)

Legenda: Números^(2,3,4 e 5) representam a diferença significativa ($P < 0,05$) para os IDs dentro da mesma condição de movimento.

DISCUSSÃO

O presente estudo analisou as estratégias de controle, por meio da análise do tempo de movimento, na realização de movimentos discretos e cíclicos, dentro do paradigma de Fitts. Foram levantadas duas hipóteses fundamentadas em abordagens de estudo presentes na área de controle motor. A primeira hipótese aponta que o TM apresentaria uma relação linear com o

ID, ou seja, aumentaria o TM com o aumento do ID. A segunda hipótese aponta que os movimentos cíclicos apresentariam um menor TM do que os movimentos discretos, devido a uma vantagem mecânica, citada por Guiard (1997). Tais hipóteses foram analisadas por meio da tarefa de Fitts simulada em ambiente virtual.

Os resultados demonstraram a relação inversa entre velocidade-precisão, uma vez que, com o aumento dos IDs os TMs também aumentaram, confirmando a primeira hipótese. Entretanto, os resultados não demonstraram diferenças no desempenho entre os movimentos cíclicos e discretos, não confirmando a segunda hipótese. Por conseguinte, esses resultados não deram suporte à noção de desempenho superior na realização de movimentos cíclicos em função da mecânica do movimento, divergindo dos achados de Guiard (1997).

Guiard (1997) demonstrou que à medida que o ID fosse maior ocorreria um maior desempenho do movimento discreto sobre o movimento cíclico, uma vez que, uma nova programação seria necessária para cada movimento que é repetido. Entretanto, em IDs menores, o movimento cíclico seria realizado em um menor TM, resultando em maior aceleração em direção ao próximo movimento. A utilização de uma energia mecânica para a continuidade do movimento, a qual poderia maximizar o desempenho e permitir um menor tempo de movimento, no caso da tarefa cíclica, parece não ter ocorrido no desempenho dos participantes do presente estudo.

No estudo de Smits-Engelsman, Swinnen e Duysens (2006) foi investigada a relação inversa velocidade-precisão manipulando-se o tamanho, distância dos alvos e a inserção de peso na mão como uma restrição da tarefa. Os autores confirmaram a hipótese de superioridade no desempenho de movimentos cíclicos, permanecendo a vantagem mesmo quando a amplitude do movimento foi alterada. Este resultado foi explicado pela função de encurtamento-alongamento muscular, que proporciona força elástica ao músculo para a continuidade no movimento, o que corrobora a proposição de Guiard (1997) sobre a vantagem mecânica do movimento em tarefa cíclica. Também foi confirmada neste estudo a robustez do desempenho em movimentos cíclicos na condição com carga, como uma restrição da tarefa. Portanto, a carga não afetou o ritmo na tarefa de apontamento cíclico, sendo que a frequência do movimento não diferiu nas condições com carga e sem carga. Os resultados foram discutidos com base em explicações de funcionamento neural para o controle do movimento em ações cíclicas e discretas, análogo ao funcionamento do gerador central de padrão no movimento de caminhar.

No presente estudo, acredita-se que uma restrição secundária possa ter influenciado o desempenho na tarefa. No estudo citado de Smits-Engelsman, Swinnen e Duysens (2006) a tarefa foi realizada em um tablet digitalizador utilizando como instrumento a própria caneta, já no presente estudo em que se objetivou analisar as estratégias de controle em ambiente virtual os sujeitos utilizaram o próprio mouse e o botão esquerdo para clicar no alvo e visualizaram o movimento na tela do computador. Como não foram encontradas diferenças no desempenho entre os movimentos cíclicos e discretos, uma das possíveis explicações pode estar relacionada ao uso de materiais que proporcionam diferentes restrições ao movimento neste caso, o mouse parece não ter permitido a vantagem mecânica para os movimentos cíclicos, como parece ocorrer quando utilizando uma caneta.

CONCLUSÃO

Não foram verificadas diferenças no desempenho entre os movimentos cíclicos e discretos, havendo diferença apenas entre os IDs dentro de uma mesma tarefa. Porém, a relação inversa entre a velocidade-precisão foi encontrada no presente estudo, demonstrando a robustez da Lei de Fitts. Assim, sugere-se que novos estudos sejam realizados comparando movimentos discretos e cíclicos, tanto em ambientes reais como em ambientes virtuais. Para isso, a análise do movimento por meio de cinemetria permite avaliação do controle motor

empregado na regulação de diferentes estratégias de movimentos e a comparação do desempenho envolvendo diferentes instrumentos para a realização da tarefa.

RESUMO

Este estudo analisou as estratégias de controle de movimentos discretos e cíclicos na tarefa de Fitts simulada em ambiente virtual. Para tal, participaram do estudo 15 indivíduos, de ambos os sexos, com idade entre 17 e 30 anos. O software *Discrete Aiming Task* v.2.0 (OKAZAKI, 2007) simulou a tarefa de Fitts nas condições discreta e cíclica, fornecendo o tempo de movimento (TM). Assim, os participantes realizaram movimentos de clicar com o botão esquerdo do mouse em barras paralelas, com tamanho de 2, 1, 0,5 e 0,25 polegadas, mantidas a distância de 4 polegadas uma da outra, com a maior rapidez e precisão possível. Os Índices de Dificuldades (ID) na realização da tarefa foram de 2, 3, 4 e 5 bits, respectivamente. Desta forma, foram realizadas oito condições experimentais, sendo quatro de movimentos discretos (D2, D3, D4 e D5) e quatro de movimentos cíclicos (C2, C3, C4 e C5). Foram realizadas 4 tentativas em cada condição, em sequência aleatorizada. Os dados foram analisados por meio da ANOVA de Friedman e as comparações posteriores com o teste pareado de Wilcoxon. Foi adotado o nível de significância de $P < 0,05$. Não houve diferença significativa nos escores de TM entre os movimentos discretos e cíclicos. Mas, o aumento do ID ocasionou aumento no TM, demonstrando a relação inversa entre velocidade e precisão. Portanto, a Lei de Fitts demonstrou robustez, independente do tipo de movimento, discreto ou cíclico.

PALAVRAS-CHAVE: Controle Motor, Lei de Fitts, Movimentos discretos e cíclicos.

REFERÊNCIAS

- FITTS, P. M. The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. **Journal of Experimental Psychology**, v. 47, n. 6, p. 381-391, 1954.
- FITTS, P. M.; PETERSON, J. R. Information capacity of discrete motor responses. **Journal of Experimental Psychology**, v. 67, p. 103-112, 1964.
- GUIARD, Y. Fitts' law in the discrete vs. cyclical paradigm. **Human Movement Science**, v. 16, n. 1, p. 97-131, 1997.
- OKAZAKI, V. H. A. **Discrete Aiming Task (v.2.0)**. Software de análise da tarefa de Fitts para o paradigma da relação inversa velocidade precisão (2007). Disponível em: <<http://okazaki.webs.com>>. Acesso: 04 de julho 2011.
- SMITS-ENGELSMAN, B. C. M.; SWINNEN, S. P.; DUYSSENS, J. The advantage of cyclic over discrete movements remains evident following changes in load and amplitude. **Neuroscience Letters**, v. 396, p. 28-32, 2006.
- TEIXEIRA, L. A. Coordenação intersegmentar em arremessos com diferentes demandas de precisão. **Revista Paulista Educação Física**, v.11, n. 1, p. 5-14, jan/jun. 1997.

Autor principal: Tatiane Flavia de Oliveira
Endereço: Rodovia Celso Garcia Cid /Pr 445 Km 380
Campus Universitário - Londrina - PR
Caixa Postal: 6001 - CEP: 86051-990
Fone: (43) 3371-5857 / (43) 9927-0242
e-mail: tati_flavia_oli@yahoo.com.br