

# 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](mailto: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 ( $P > 0,06$ ).

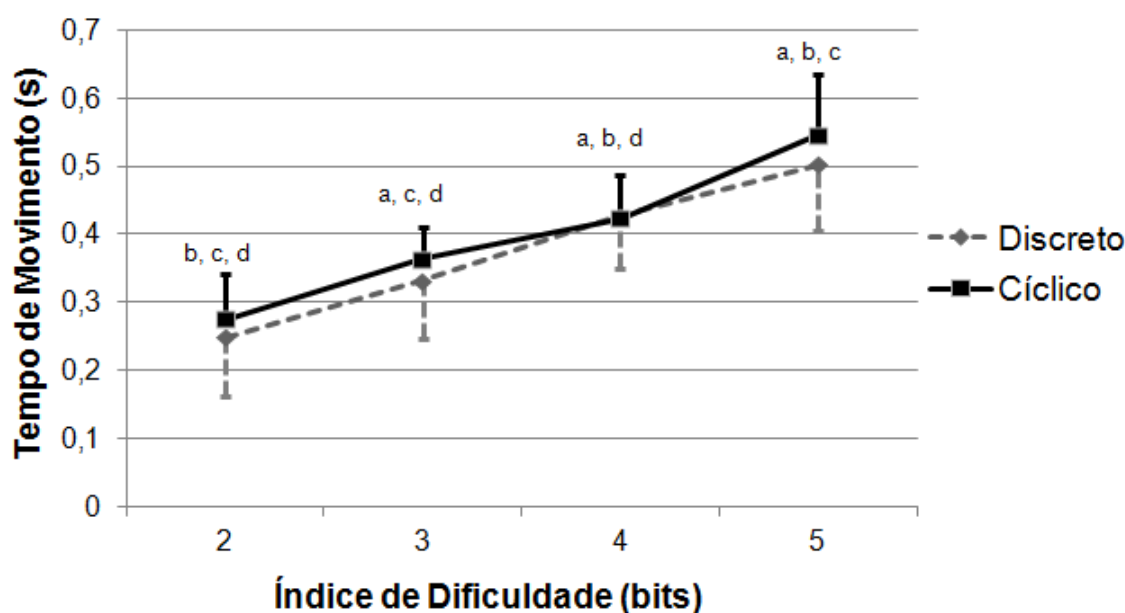


Figura 1. Média e desvio padrão (barras verticais) do tempo de movimento em função do índice de dificuldade nas condições de movimentos discretos e cíclicos.

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

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 <sup>(3,4,5)</sup>	0,28 <sup>(3,4,5)</sup>
3	0,33 <sup>(2,3,5)</sup>	0,36 <sup>(2,4,5)</sup>
4	0,43 <sup>(2,3,5)</sup>	0,42 <sup>(2,3,5)</sup>
5	0,50 <sup>(2,3,4)</sup>	0,55 <sup>(2,3,4)</sup>

Legenda: Números<sup>(2,3,4 e 5)</sup> 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